

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

Tesis Doctoral

Autor:

David Huidobro Alberich

Director:

Dr. Lázaro Vicente Cremades Oliver

Departamento:

Proyectos de Ingeniería

Barcelona, noviembre 2015

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

RESUMEN

La afectación por la ejecución de las obras para la construcción de un edificio entre medianeras siempre ha preocupado a sus vecinos. A las vibraciones producidas por el uso de maquinaria pesada hay que añadirle la nueva situación a la que están sujetas dichas fincas. Al realizarse el vaciado de las tierras y/o deconstrucción de edificios anteriores que ocupaban la parcela a edificar, se generan desplazamientos y deformaciones en busca del nuevo estado de equilibrio. Estos movimientos pueden provocar grietas e incluso derrumbes en fincas colindantes.

Por otro lado, se detecta la dificultad de incluir en las metodologías utilizadas actualmente, como la "Mecánica de Suelos", todas las variables técnicas que participan en la elección del tipo de cimentación-contención de estos nuevos edificios.

Por los motivos citados, surge la propuesta de crear una nueva metodología que comprenda todas estas variables y disminuya el número de casos de derrumbe de edificios por el tipo de contención-cimentación seleccionado.

La nueva metodología está basada en un sistema experto que soluciona los nuevos casos basándose en las soluciones de problemas anteriores.

Inicialmente se puede pensar que demostrar que el método funciona para el análisis de un nuevo caso requiere tiempo, ya que hasta que la fase de estructura de la obra a construir no haya finalizado y se haya comprobado que ningún edificio colindante se ha derrumbado, no podremos decir que la elección del sistema ha sido la correcta.

Realmente para decidir que inicialmente el sistema funciona, no será necesario esperar a que se inicie una obra y finalice su estructura, ya que podemos dejar parte de los casos recogidos fuera de la base de datos inicial y realizar la comprobación de su estructura como si fuera un nuevo caso.

Cabe decir que cuando este nuevo caso sea realmente sea ejecutado, pasará a formar parte de la base de datos inicial para así aumentar la fiabilidad y experiencia de la misma. Esto proporciona un aumento de la base de conocimiento de nuestro sistema experto.

Efectivamente esta nueva metodología es innovadora ya que aunque los sistemas expertos se han utilizado en otros campos, no ha sido así en la determinación del tipo de contención-cimentación de edificios entre medianeras.

Por último, se indican las líneas a seguir para tesis doctorales futuras.

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

AGRAÏMENTS

Voldria expressar el meu agraïment al director de la Tesi el Dr. Lázaro Vicente Cremades Oliver de l' Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona per la seva ajuda i dedicació, però sobretot per la confiança que m'ha donat. He tingut molta sort al poder gaudir de la seva direcció, ja que és un gran expert en el desenvolupament de noves metodologies amb base científic-tecnològica. No valoro només la seva professionalitat, valoro també la seva atenció, disposició i il·lusió envers l'èxit de la tesi.

També en plau citar la inestimable ajuda del Dr. Miquel Sànchez-Marrè del Departament de Ciències de la Computació de la UPC, que m'ha permès utilitzar el Gesconda II i a més a més m'ha ensenyat a fer-lo servir.

Gràcies al Pere Joan Herrero, estadístic per la UPC, les seves indicacions per a la definició de l'estat de l'art i comprovació dels resultats obtinguts en la tesi tot usant la ciència de l'estadística, han estat determinants.

Agraeixo al Dr. Eduardo Alonso de l'ETSECCPB, les explicacions donades sobre geotècnia, enginyeria del terreny i mecànica de sols.

Vull mostrar el meu agraïment als professionals que han participat proporcionant-me informació molt complerta dels casos que han dirigit, aquests són: Carme Jiménez, Lluís Pellissé, Juan Melero i Daniel Gibert.

També agraeixo al Jordi Rovira la seva ajuda desinteressada, ell va fer que jo progressés en l'aprenentatge dels sistemes experts.

No voldria deixar-me al meu oncle Xavier i a la Susi, moltes gràcies per la seva ajuda i estima.

Agraeixo a l'Anna, al Sergi, a la Maria José, al Josep Maria, al Carles i al Tommy que m'ensenyessin a aprendre i estudiar. Tots ells són il·lustrats de mena.

Estic especialment agraït al Bernardo i la Ore, que sense la seva gran ajuda hauria resultat molt difícil continuar.

Moltíssimes gràcies al meu gran amic i col·lega David Diego Rabassa, que ha estat sempre al meu costat quan l'he necessitat. Sempre li estaré agraït.

Agraeixo a la meua dona i companya la seva paciència i ajuda en la tesi. La Patricia Rodriguez Ruiz és experta en la direcció d'execucions d'edificacions, estructures, fonaments i sistemes de contenció. A més a més d'aconsejar-me, m'ha acompanyat durant les fases de treball de camp.

Finalment moltes gràcies als meus pares. La seva ajuda i suport ha estat sempre incondicional. Sense ells no ho hauria aconseguit.

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

Als meus fills, el Tete i la Cuca (Èric i Maria),
els que més estimo

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
AGRAÏMENTS.....	5
GLOSARIO.....	13
 1. INTRODUCCIÓN	21
1.1. Problemática	21
1.2. Objetivos de la tesis	25
1.3. Hipótesis.....	26
1.3.1. Hipótesis científicas	26
1.3.2. Hipótesis de cálculo	26
1.4. Alcance de la tesis.....	27
1.5. Estructura de la tesis	27
 2. ESTADO DEL ARTE	31
2.1. Sistemas de terrenos-contención-cimentación	31
2.1.1. Generalidades.....	31
2.1.2. Propiedades físicas, físico-químicas y mecánicas de los terrenos.	40
2.1.3. La Naturaleza del suelo.....	46
2.1.4. Reconocimiento del terreno.....	47
2.1.5. Cimientos superficiales.....	53
2.1.6. Cimientos profundos	57
2.1.7. Contención	61
2.1.8. Mejora del terreno	74
2.2. Patologías en edificios a causa de terrenos-contención-cimentación	77
2.2.1. Procesos patológicos debidos al agua.	78
2.2.2. Procesos patológicos debidos a errores en el diseño y en el cálculo.	82
2.2.3. Procesos patológicos de origen diverso.	82
2.2.4. Patologías particulares en muros.	90
2.2.5. Conceptos sobre procesos patológicos, patología, diagnóstico y terapéutica.....	92
2.3. Análisis mediante métodos estadísticos	95
2.3.1. Distribución t de Student.....	95
2.3.2. Correlación y regresión.....	97
2.3.3. Análisis mediante regresión logística	100
2.4. Inteligencia artificial y sistemas expertos	106
2.4.1. Inteligencia artificial	106
2.4.2. Sistemas expertos.....	107
 3. METODOLOGÍA DE LA TESIS	141
3.1. Metodología del trabajo de campo.....	141

3.1.1.	Primera fase del trabajo de campo	141
3.1.2.	Segunda fase del trabajo de campo	145
3.1.3.	Tercera fase del trabajo de campo	147
3.2.	Metodología de gestión de datos	148
3.2.1.	Primera fase de gestión de datos.	148
3.2.2.	Segunda fase de gestión de datos.	150
3.3.	Metodología de análisis de datos	155
3.3.1.	Primera fase de análisis de datos	155
3.3.2.	Segunda fase de análisis de datos	156
3.3.3.	Tercera fase de análisis de datos.....	156
3.4.	Metodología del análisis de los resultados	162
4.	HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS.....	163
4.1.	Internet: buscadores, navegadores, Google Earth.....	163
4.1.1.	Orígenes y definición	163
4.1.2.	Google Earth	163
4.2.	IGC e IGME.....	165
4.3.	Base de datos: conjunto estructurado de las obras estudiadas.....	171
4.4.	Sistema experto: razonamiento basado en casos (CBR)	172
4.4.1.	Funcionalidad de Gesconda II.....	175
5.	DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	177
5.1.	Primera fase del desarrollo del estudio. Recogida de información en trabajo de campo.....	177
5.2.	Segunda fase del desarrollo del estudio. Introducción y análisis en la base de datos	178
5.3.	Tercera fase del desarrollo del estudio. Introducción de la base de datos y análisis en el CBR.	185
6.	INTRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN NUEVO CASO	191
7.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	195
7.1.	Análisis de los resultados de la serie 2	195
7.2.	Análisis de los resultados de la serie 3	197
8.	CONCLUSIONES	201
8.1.	Principales conclusiones.....	201
8.2.	Conclusiones secundarias.....	202
9.	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	205

BIBLIOGRAFÍA.....	207
-------------------	-----

ANEXOS:

Anexo 1. Tablas y figuras.

Anexo 2. Funcionalidad Gesconda.

Anexo 3. Plan de pruebas funcionales CBR y t Student.

Anexo 4. Ficha, noticia y fotografías de la obra.

GLOSARIO

Ad-hoc: es una locución latina que significa literalmente “para esto” (específico). Generalmente se refiere a una solución específicamente elaborada para un problema o fin preciso y, por tanto, no generalizable ni utilizable para otros propósitos.

Aguas subálveas: aguas subterráneas bajo cauce de río o arroyo seco.

Albercas: construcción hidráulica, bien excavada en tierra, bien realizada con fábrica de ladrillo, tapial o mampostería, en forma de estanque, para almacenar agua

Altura piezométrica: es la suma de la altura geométrica y de la altura de presión. El lugar geométrico de las alturas piezométricas se determina uniendo en una línea la altura que en un fluido circulante alcanzan los distintos tubos piezométricos emplazados a lo largo de la tubería que se considera.

ASCE: Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.

ASEMAS: es una Mutua de Seguros y Reaseguros a Prima Fija, fundada en el año 1983 por acuerdo unánime de todos los Colegios de Arquitectos de España, con el objeto de garantizar la responsabilidad civil profesional de los Arquitectos.

Bataches o damas: Excavar por bataches es una técnica que se hace cuando el terreno junto a nuestro corte debe soportar cargas a una cota superior a la del fondo de la excavación (un edificio colindante, una calle,...). Consiste en ir excavando por tramos alternos, generalmente de anchura no superior a 2 m (por lo menos en edificación), y ejecutar la cimentación / contención también de forma alterna. De esta forma, siempre se mantiene una cierta estabilidad del corte del terreno aunque nunca es completa y hay que tener mucho cuidado, sobre todo en ejecutarlos con bastante rapidez y en asegurar la conexión entre los distintos bataches.

BBDD (Bases de datos): Son bancos de información que contienen datos relativos a diversas temáticas y categorizados de distinta manera que comparten entre sí algún tipo de vínculo o relación que busca ordenarlos y clasificarlos en conjunto.

BDD: Base de datos.

BBCC: Bases de casos.

BCC: Base de casos.

Bondad de Ajuste ó coeficiente de determinación: es una manera de medir la aproximación de la recta a la nube de puntos. Puede tomar valores entre 0 y 1 (0 y 100 en términos de tanto por ciento). Cuanto más se aproxime a 1 mejor será el

ajuste a la nube de puntos y más fuerte será la relación entre las variables que el modelo quiere captar.

Boletines electrónicos NNTP: Network News Transport Protocol, es un protocolo inicialmente creado para la lectura y publicación de artículos de noticias en Usenet. Su traducción literal al español es "protocolo para la transferencia de noticias en red".

Bureau Securitas: ofrece la coordinación de la prestación de servicios de consultoría y elaboración de estudios y proyectos de obras de arquitectura, ingeniería, urbanismo. Medio ambiente y seguridad en la construcción de bienes inmuebles.

Cenozoico, Cuaternario, Holoceno: divisiones de la escala temporal geológica.

CLIPS: es una herramienta que provee un entorno de desarrollo para la producción y ejecución de sistemas expertos. Fue creado a partir de 1984, en el Space Center de la NASA. Los fondos cesaron a principios de los años 1990, y hubo un mandato de la NASA para comprar software comercial. CLIPS es un acrónimo de C Language Integrated Production System (Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C). En la actualidad, entre los paradigmas de programación que soporta CLIPS se encuentran la Programación lógica, la Programación imperativa y la Programación Orientada a Objetos. Probablemente es el sistema experto más ampliamente usado debido a que es rápido, eficiente y gratuito.

Cluster: este término se aplica a los conjuntos o conglomerados de computadoras contruidos mediante la utilización de componentes de hardware comunes y que se comportan como si fuesen una única computadora.

Compacidad: es aquello que manifiesta la calidad de compacto. El adjetivo *compacto* representa una masa muy unida; un agregado cuyos elementos constituyentes están muy poco o nada separados los unos de los otros. Un material es más compacto cuanto menor porosidad existe en su interior.

Cono de Abrams: es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia ("fluidez" del hormigón). El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.

Correo electrónico SMTP: El *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP) o "protocolo para transferencia simple de correo", es un protocolo de red utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos (PDA, teléfonos móviles, etcétera). Es un estándar oficial de Internet.

El funcionamiento de este protocolo se da en línea, de manera que opera en los servicios de correo electrónico. Sin embargo, este protocolo posee algunas limitaciones en cuanto a la recepción de mensajes en el servidor de destino (cola de mensajes recibidos). Como alternativa a esta limitación se asocia normalmente a este protocolo con otros, como el POP o IMAP, otorgando a SMTP la tarea específica

de enviar correo, y recibirlos empleando los otros protocolos antes mencionados (POP O IMAP).

Cuarcita armoricana: es una formación geológica compuesta por cuarcitas y cuarzoarenitas con cemento silíceo que se formó en el Ordovícico inferior.

Determinismo: es una doctrina filosófica que sostiene que todo acontecimiento físico, incluyendo el pensamiento y acciones humanas, está causalmente determinado por la irrompible cadena causa-consecuencia, y por tanto, el estado actual "determina" en algún sentido el futuro.

Diagénesis: es el proceso de formación de una roca sedimentaria a partir de sedimentos sueltos que sufren un proceso de compactación y cementación. La diagénesis se produce en el interior de los primeros 5 ó 6 km de la corteza terrestre a temperaturas inferiores a 150-200 °C, más allá se considera ya metamorfismo.

DLL ó biblioteca de enlace dinámico: es el término con el que se refiere a los archivos con código ejecutable que se cargan bajo demanda de un programa por parte del sistema operativo. Esta denominación es exclusiva a los sistemas operativos Windows siendo ".dll" la extensión con la que se identifican estos ficheros, aunque el concepto existe en prácticamente todos los sistemas operativos modernos.

Dolomía: es una roca sedimentaria de origen químico compuesta básicamente de dolomita, cuya composición química es carbonato de calcio y magnesio.

Ensayo edométrico: su finalidad es la de determinar la velocidad y grado de asentamiento que experimentará una muestra de suelo arcilloso saturado al someterlo a una serie de incrementos de presión y carga.

Entibación: tipo de estructura de contención provisional, empleada habitualmente en construcción e ingeniería civil.

Erdbaumechanik: publicación de Karl Terzaghi como el punto de partida de la mecánica de suelos.

Estadígrafo de Hosmer y Lemeshow: método para comprobar la bondad de ajuste de un modelo estadístico.

Estocástico: sistema cuyo comportamiento es intrínsecamente no determinista. Un proceso estocástico es aquel cuyo comportamiento es no determinista, en la medida que el subsiguiente estado del sistema está determinado tanto por las acciones predecibles del proceso como por elementos aleatorios.

Estratigrafía: es la rama de la Geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas.

Fichero XML: es un lenguaje de marcas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C) utilizado para almacenar datos en forma legible. Deriva del lenguaje SGML y permite definir la gramática de lenguajes específicos (de la misma manera que HTML es a su vez un lenguaje definido por SGML) para estructurar documentos grandes. A diferencia de otros lenguajes, XML da soporte a bases de datos, siendo útil cuando varias aplicaciones deben comunicarse entre sí o integrar información.

Gradiente hidráulico: se define como la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua; es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, medida en el sentido del flujo de agua.

GNU: El proyecto GNU fue iniciado por Richard Stallman con el objetivo de crear un sistema operativo completamente libre: el sistema GNU.

El 27 de septiembre de 1983 se anunció públicamente el proyecto por primera vez en el grupo de noticias net.unix-wizards. Al anuncio original, siguieron otros ensayos escritos por Richard Stallman como el "*Manifiesto GNU*", que establecieron sus motivaciones para realizar el proyecto GNU, entre las que destaca "volver al espíritu de cooperación que prevaleció en los tiempos iniciales de la comunidad de usuarios de computadoras".

Heurística: Cuando se usa como sustantivo, identifica el arte o la ciencia del descubrimiento, una disciplina susceptible de ser investigada formalmente.

IGME: Instituto Geológico y Minero de España es un Organismo Público de Investigación, con carácter de organismo autónomo, adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación.

Inteligencia artificial: inteligencias no naturales de las ciencias de la Computación en agentes racionales no vivos.

IPTV (Televisión por Protocolo de Internet): se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. A menudo se suministra junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado.

IRC (*Internet Relay Chat*) es un protocolo de comunicación en tiempo real basado en texto, que permite debates entre dos o más personas. Se diferencia de la mensajería instantánea en que los usuarios no deben acceder a establecer la comunicación de antemano, de tal forma que todos los usuarios que se encuentran en un canal pueden comunicarse entre sí, aunque no hayan tenido ningún contacto anterior

Límites de Atterberg o límites de consistencia: se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. (1846-1916). Los límites se basan en el concepto

de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Lodo bentonítico: es una mezcla de bentonita con agua. La bentonita es un tipo de arcilla montmorillonítica de muy alto límite líquido. Esto implica que a pesar de que se le añada mucha agua, la mezcla no pierde estabilidad o consistencia. Los lodos bentoníticos tienen una propiedad muy importante que los hace muy útiles en construcción: cuando un lodo bentonítico es amasado sin que se produzca variación de agua, pierde resistencia, comportándose como un fluido. Sin embargo, vuelve a adquirir esta resistencia una vez que entra en reposo.

Media aritmética ponderada: es apropiada cuando en un conjunto de datos cada uno de ellos tiene una importancia relativa (o peso) respecto de los demás datos. Se obtiene multiplicando cada uno de los datos por su ponderación (peso) para luego sumarlos, obteniendo así una *suma ponderada*; después se divide ésta entre la suma de los pesos, dando como resultado la *media ponderada*

MYCIN: es un sistema experto desarrollado a principios de los años 70 por Edgar ShortLiffe, en la Universidad de Stamford. Fue escrito en LISP e inicialmente estaba inspirado en Dendral, otro sistema experto que tuvo cierto éxito a finales de los años 60. Su principal función consistía en el diagnóstico de enfermedades infecciosas de la sangre; además, Mycin era capaz de "razonar" el proceso seguido para llegar a estos diagnósticos, y de recetar medicaciones personalizadas a cada paciente (según su estatura, peso, etc.).

Propector: es un sistema experto diseñado para ayudar a los geólogos a encontrar yacimientos importantes.

Protocolos TCP/IP: La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras. **TCP** (*Transmission Control Protocol*), Protocolo de Control de Transmisión. **IP** (*Internet Protocol*), Protocolo de Internet.

Prueba de Wald: es una prueba estadística, utilizado típicamente para probar si existe un efecto o no. Es decir prueba si una variable independiente tiene a estadístico significativo relación con a variable dependiente.

Pseudocódigo: es utilizado por programadores para describir algoritmos en un lenguaje humano simplificado que no es dependiente de ningún lenguaje de programación. Por este motivo puede ser implementado en cualquiera lenguaje por cualquier programador que utilice el pseudocódigo.

Razón de verosimilitud: es una función de los parámetros de un modelo estadístico que permite realizar inferencias acerca de su valor a partir de un conjunto de observaciones.

Razonamiento Basado en Casos (CBR): es un tipo de sistema experto. Un sistema experto, desde el punto de la inteligencia artificial, es un sistema que intenta imitar el comportamiento de un ser humano experto en alguna temática, es decir imitan las actividades de un ser humano para intentar resolver los problemas de distinta índole. Es el proceso de solucionar nuevos problemas basándose en las soluciones de problemas anteriores, por lo tanto es una manera de razonar haciendo analogías.

Redes neuronales (RNA): son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida.

Redes probabilísticas: son relaciones cuyos nodos representan variables y los arcos que los unen codifican dependencias condicionales entre las variables. Los nodos pueden representar cualquier tipo de variable, ya sea un parámetro medible (o medido), una variable latente o una hipótesis. Existen algoritmos que realizan inferencias y aprendizaje basados en ellas.

Regresión Logística binaria múltiple: técnica estadística multivalente que nos permite estimar la relación existente entre una variable dependiente no métrica, en particular dicotómica y un conjunto de variables independientes métricas o no métricas.

Regresión múltiple de Cox: en el análisis de la supervivencia, se conoce como regresión de Cox, aunque también como modelo de los riesgos proporcionales, a una clase de modelos usados para modelar los riesgos que afectan a la supervivencia de una población de sujetos.

Reología: es la rama de la Física de medios continuos que se dedica al estudio de la deformación y el flujo de la materia.

Reómetro: instrumento de laboratorio que se usa para medir la forma en que fluyen un líquido, mezcla o suspensión bajo la acción de fuerzas externas. Mide la reología del fluido.

Rheotest: fabricante alemán de viscosímetros y reómetros.

Sesquióxidos: (De sesqui y óxido.) m. Quím. Óxido que contiene tres equivalentes de oxígeno y dos de otro elemento, como Fe_2O_3 . Es una denominación que tiende a caer en desuso. Así, el compuesto mencionado se llama frecuentemente óxido férrico, en lugar de sesquióxido de hierro.

Sistema experto: Es una aplicación informática capaz de solucionar un conjunto de problemas que exigen un gran conocimiento sobre un determinado tema. Un sistema experto es un conjunto de programas que, sobre una base de conocimientos, posee información de uno o más expertos en un área específica. Se puede entender como una rama de la inteligencia artificial, donde el poder de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento

de un dominio específico. Estos sistemas imitan las actividades de un humano para resolver problemas de distinta índole.

SPSS: programa estadístico informático usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado.

SSH y Telnet: son protocolos que sirven para acceder a máquinas remotas a través de una red. Permite manejar por completo la computadora mediante un intérprete de comandos, y también puede redirigir el tráfico de X para poder ejecutar programas gráficos si estamos ejecutando un Servidor X (en sistemas Unix y Windows).

Stepwise regression: traducida habitualmente como *regresión por pasos*, es una versión modificada del proceso de regresión hacia adelante en la que en cada nuevo paso, cuando se incluye una nueva variable, además se reconsidera el mantener las que ya se había añadido previamente, es decir que no sólo puede entrar una nueva variable en cada paso sino que puede salir alguna de las que ya estaban en la ecuación. El proceso finaliza cuando ninguna variable de las que no están en la Ecuación cumple la condición para entrar y de las incorporadas a la Ecuación ninguna cumple la condición para salir.

Telefonía VoIP: Voz sobre protocolo de internet o voz por protocolo de internet, también llamado voz sobre IP, voz IP, vozIP o VoIP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de internet empleando un protocolo IP (protocolo de internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional

Teorema de Bayes: en la teoría de la probabilidad, es una proposición planteada por el filósofo inglés Thomas Bayes que expresa la probabilidad condicional de un evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo B .

Teoría de Coulomb y Rankine en muros: son la solución a un campo de tensiones que predice las presiones activas y pasivas del terreno.

Terreno cohesivo: Terreno formado mayoritariamente por arcillas que presentan cohesión entre sus partículas y le proporcionan resistencia, y que puede soportar cargas en función de su cohesión, teniendo en cuenta que esta disminuye en contacto con el agua.

Terreno expansivo: La expansividad de suelos es una propiedad física de los suelos que puede evaluarse en una cimentación. En las estructuras constructivas existe hinchamiento del suelo cuando aumenta su cantidad de agua y se retraen cuando la disminuye.

Transmisión de archivos FTP y P2P: es un "protocolo de" o "protocolo para la" "transferencia de archivos", es decir, es una convención o una norma que controla o permite la transferencia de archivos entre dos o más computadoras o usuarios.

Tubidificación: En un suelo es la erosión progresiva en forma de conductos huecos que se produce en los terraplenes por efecto de la presión del agua dentro de una red de flujo, erosión iniciada en una erosión concentrada en el talud aguas abajo y encauza hacia el talud aguas arriba.

U de Mann-Whitney: En estadística, es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. Es, de hecho, la versión no paramétrica de la habitual prueba t de Student.

Validación cruzada o cross-validation: es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis estadístico y garantizar que son independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. Consiste en repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medidas de evaluación sobre diferentes particiones. Se utiliza en entornos donde el objetivo principal es la predicción y se quiere estimar cómo de preciso es un modelo que se llevará a cabo a la práctica

Variable dummy (variable ficticia o postiza): es una variable numérica usada en el análisis de regresión para representar los subgrupos de la muestra en su estudio. En el diseño de la investigación, una variable "*dummy*" se utiliza a menudo para distinguir a diversos grupos del tratamiento. En el caso más simple, con valores 0 y 1. Las variables "*dummy*" son útiles porque nos permiten utilizar una sola Ecuación de la regresión para representar a grupos múltiples.

Variable politómica: es la variable que tiene el atributo divisible en más de dos categorías. Si de la variable referida hubiese la necesidad de categorizar el concepto edad, entonces se tendrían: niños, jóvenes, adultos, etc.

Zapilote: pilote excavado in situ y ensanchado en su base, incluso hasta tres veces su diámetro, y que según la relación profundidad/diámetro de la base se comportará como un pilote o una zapata en relación con el terreno en que se apoya y al que transmite su carga.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Es habitual que en todas las poblaciones, sobretodo en el centro de estas, se construyan edificios contiguos. Estos suelen compartir las paredes situadas en el linde que los separa, esto es, paredes medianeras.

Es normal que la ejecución de edificios entre medianeras inquiete a sus vecinos, ya que uso de maquinaria pesada, sobre todo para el movimiento de tierras, genera ruido y vibraciones. Al realizarse el vaciado de las tierras y/o derribo de edificios anteriores que ocupaban la parcela a edificar, se generan desplazamientos y deformaciones en busca de una nueva situación de equilibrio. Estos movimientos pueden provocar grietas e incluso derrumbes en fincas colindantes.

Por otro lado, también se detecta la dificultad de incluir en las metodologías utilizadas actualmente, como la "Mecánica de Suelos", todas las variables técnicas que participan en la elección del tipo de cimentación-contención de estos nuevos edificios.

¿Qué sistema de cimentación-contención se debe utilizar para la construcción de un edificio entre medianeras? ¿Cuál es el más adecuado técnicamente? ¿Es posible utilizar otros métodos no tradicionales para la determinación de estos sistemas?

Sea cual fuere el método utilizado para la selección del tipo de cimentación-contención a utilizar en un edificio después se debe ejecutar en obra. Per se, esta fase del proyecto genera ciertas afectaciones en el entorno donde se lleva a cabo.

Realmente, para que el proyecto de construcción de un edificio entre medianeras con plantas subterráneas sea sostenible deberemos tener en cuenta los diferentes factores que determinan la viabilidad de este: coste, tiempo de ejecución, calidad.

Esta tesis no se centra en la viabilidad ni en la sostenibilidad de un proyecto de construcción, se centra en la viabilidad técnica, es decir, no tiene en cuenta el coste ni el tiempo de ejecución del mismo. Se centra en la selección del tipo de cimentación-contención de un edificio entre medianeras.

A día de hoy, la definición y selección del sistema de cimentación-contención de un edificio se basa en las teorías de Coulomb y Rankine (Calatrava 2000, Lambe 2002) y la teoría aportada por Karl Terzaghi (Lambe 2002) a la Mecánica de Suelos.

Cabe recordar que la Mecánica de Suelos es la aplicación de las leyes de la física a la interacción entre el suelo y las cimentaciones-contenciones. El diseño de estos sistemas se basa en el cálculo de los esfuerzos soportados y producidos por dichos elementos.

En esta tesis se recoge más de un centenar de casos en España, donde cerca de la ejecución de un edificio nuevo se produce el derrumbe del edificio vecino. Por ejemplo, en el año 2006, los medios de comunicación se hacían eco de los casos de derrumbes de edificios que se iban sucediendo en Alicante.

Pues bien, habida cuenta de la gran cantidad de derrumbes de edificios que lindaban con solares donde en ese momento se ejecutaban edificios nuevos, se puede decir que existe un problema, una necesidad, por consiguiente puede y debe surgir un proyecto para cubrir esa necesidad.

De esta necesidad aparece la idea de desarrollar esta tesis doctoral con título **"Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras"**.

Esta nueva metodología, no es sólo una vía diferente para la selección del tipo de cimentación-contención de un edificio, sino que es una vía que explícitamente tiene en cuenta factores que hasta ahora en la metodología tradicional no se han tenido en cuenta o no se le han dado la importancia necesaria y que pueden ser determinantes para el derrumbe de un edificio colindante.

Y ello es debido a que la metodología mecanicista actual no permite valorar cuantitativamente ni introducir en sus cálculos que, por ejemplo, la cimentación del edificio vecino está formada por una base de ripios o que la medianera compartida con el vecino tiene más de cien años y es de mampostería construida con mortero de cal.

En esta nueva metodología sí se pueden tener en cuenta todos estos factores y muchos más, tantos factores como se crea que puedan ser partícipes del problema o sistema. Como se detalla más adelante, en el capítulo 7. Análisis de resultados, el propio sistema dispone de herramientas que ayudan al usuario a decidir cuán importantes son estos factores, y si realmente son necesarios para el estudio de problema.

Un ejemplo del derrumbe de un edificio es el que sucedió en la Carretera de Vic, 95, de Sant Fruitós del Bages, en octubre de 2005 (ejemplo incluido en la base de datos inicial).

Las preguntas más habituales de las personas que se acercaron al lugar de los hechos eran: "¿Por qué se ha derrumbado el edificio? ¿Que lo puede haber causado?" Ellas mismas respondían: "es que era un edificio muy antiguo".

Las noticias publicadas por los medios de comunicación y las declaraciones realizadas por el alcalde de la población achacaban como causa más probable del siniestro, la antigüedad de la finca derrumbada. Se cita textualmente:

Por ahora se desconocen las causas del derrumbe. La parte de la casa afectada tiene 100 años de antigüedad y la pared maestra está hecha de piedra. Es una casa sin cimientos, igual que lo son el resto de inmuebles viejos del barrio antiguo (El Mundo 2005).

Según el alcalde la población, Josep Rafart, el edificio era muy antiguo y presentaba anomalías que el Ayuntamiento de Sant Fruitós del Bages detectó al iniciarse la construcción de un edificio adyacente. Como medida preventiva, el consistorio había dictado la orden de reforzar los cimientos de la casa. El operativo estaba en marcha aunque faltaba proceder al refuerzo de la parte trasera de la finca, que precisamente estaba previsto *para ayer* (ABC 2005).

Estos comentarios ponen de manifiesto el desconocimiento de la mayoría de la población a las posibles causas de un derrumbe.

Se muestran los condicionantes que se apreciaban a primera vista a pie de obra, conjuntamente con sus características técnicas:

- Acumulación de agua en el solar. La presencia de agua en suelos cohesivos, hace que la cohesión del terreno disminuya drásticamente o incluso desaparezca.
- Fincas colindantes con una antigüedad superior a los 100 años. El desgaste sufrido a lo largo de todo este tiempo supone una disminución de la fiabilidad y estabilidad de dicha finca.
- Medianera existente formada por muro de mampostería. Estos muros trabajan por gravedad y no oponen resistencia a la flexión. La presión que transmite al terreno puede ser mucho mayor que la ejercida por un muro más moderno.
- Una cimentación del edificio antiguo formada por una pequeña capa de piedras (tipo ripios) de 20 cm de espesor. Este tipo de cimentación que se hacía antiguamente no aporta rigidez ni estabilidad al edificio, no reparte las cargas y es propenso a asentamientos diferenciales.
- Remonte de una altura posterior a la ejecución de la finca original. Significa un aumento de la carga que deben soportar los muros y el terreno.
- Batache abierto durante la noche.
- Gran cantidad de cables eléctricos sujetos en la arista intersección de las dos fachadas derrumbadas (arco de descarga).

El sistema de ejecución de la contención-cimentación se realizó a base bataches o damas. Este método de ejecución de cimentaciones es el más económico ya que en éste se utiliza material y maquinaria convencional, temporalmente deja al descubierto parte de la cimentación de las fincas vecinas.

¿Cuáles de los puntos anteriores se tuvieron en cuenta para la elección del tipo de contención-cimentación en el caso ejemplo? ¿Se le dio la importancia necesaria a cada uno de los puntos mencionados? En la Mecánica de suelos, no todos estos puntos están cuantitativamente valorados para el cálculo de la contención-cimentación de un edificio.

Siendo más realistas, es necesario que un proyecto de edificación incorpore un estudio geotécnico y casi siempre se hace. Este estudio se basa en gran parte en la Mecánica de Suelos. En él, no sólo se detallan todas las pruebas realizadas al terreno y todos los resultados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio con las muestras recogidas, sino que el geólogo, que es el técnico que realiza este documento, indica las alternativas de cimentación a ejecutar, cotas de cimentación,

presión vertical admisible, asientos tolerables, datos para el dimensionamiento de cimentaciones, resistencia del terreno frente a acciones horizontales, ángulo de taludes de excavación y posición del nivel freático si lo hubiere.

Otro actor que participa en el proyecto es el Ingeniero de cálculo de estructuras. Este técnico es el encargado de calcular las cimentaciones, contenciones y estructura con que se va a dotar el edificio. El documento base de trabajo de este técnico es el informe geotécnico, y de nuevo vuelve a ser la Mecánica de suelos la disciplina utilizada para el diseño de estos sistemas.

Se entiende que en ambas fases del proyecto se tiene en cuenta el entorno donde está situada la obra, porque ambos profesionales saben que el entorno afecta en más o menos grado al tipo de sistema a ejecutar, pero no todos estos factores que intervienen se utilizan en el cálculo de estos sistemas, además rara vez, según éstos, modifican el tipo de contención-cimentación diseñados.

Es decir, a primera vista, la metodología actual para el cálculo, selección y ejecución de los sistemas de contención-cimentación parece no tener en cuenta lo suficiente el entorno donde se sitúa la obra ya que es realmente complicado y complejo valorar numéricamente cuál es la diferencia de aportación al riesgo de derrumbe de, por ejemplo:

- Una pared de mampostería de 6 m de altura vs una de 3 m,
- Una cimentación antigua formada por una capa de ripios de 20 cm contra una de 15 cm
- Un remonte de un piso sobre el edificio sin haber reforzado la cimentación antigua original.
- Un edificio colindante con más de 100 años de antigüedad.

Dejando atrás la Mecánica de suelos, piénsese en una nueva metodología que tenga la capacidad de tener en cuenta estos factores que a priori, la actual no valora lo suficiente y que además pueda conservarlos y convertirlos en conocimiento.

¿En qué ciencias y disciplinas se podría basar esta nueva metodología?

Se puede basar en la Estadística y en la Inteligencia Artificial. Por un lado la Estadística nos permitirá el uso y análisis de datos, y explicar la correlación y dependencias de estos con los casos sucedidos. Por otro lado, la Inteligencia Artificial, nos dará la capacidad de resolver cuestiones utilizando como paradigma o modelo la inteligencia humana.

Cabe decir que el sistema experto es un programa que deriva de la Inteligencia Artificial. El tipo que se utiliza en esta tesis es un sistema experto basado en casos o CBR (*Case Based Reasoning*) y particularmente, está incluido dentro de una herramienta de gestión del conocimiento llamado Gesconda II, diseñado y desarrollado por el equipo de Miquel Sànchez Marrè del Departament de Ciències de la Computació de la UPC.

Gesconda II es una aplicación que está formada por varios módulos:

Gesp: es el módulo de preproceso de los datos antes de la aplicación de algoritmos por la extracción de conocimiento, también se encarga del análisis estadístico.

Clustering: es el módulo encargado de la ejecución de algoritmos de descubrimiento de prototipos y clasificación de datos.

Rules y Feature Weighting es el módulo que se encarga de la ejecución de algoritmos de Reglas, Prism, CN2 y Rise.

Decision Tree: se encarga de la generación de árboles de decisión.

CBR: es un sistema experto basado en casos (en inglés *Case Based Reasoning*) y como tal, se encarga de dar solución a los nuevos casos basándose en las soluciones de los casos anteriores.

Los sistemas CBR razonan con conocimiento específico de las situaciones concretas previamente experimentadas (casos). Como cualquier sistema basado en conocimiento (en inglés *Knowledge Based System*, KBS) se basa en la representación explícita de una gran cantidad de conocimiento, organizado de manera efectiva, con el que el sistema es capaz de razonar. El conocimiento puede ser de distinta naturaleza, aunque los sistemas "tradicionales" se construyen alrededor de un modelo de comportamiento de dominio que consiste, básicamente, en un conjunto de hechos y un conjunto de reglas que permiten deducir nuevos hechos aplicando un motor de inferencia (Díaz-Agudo 2002).

El razonamiento basado en casos, representa un enfoque de resolución de problemas y aprendizaje dentro de la IA que surge como una posible solución al problema de la adquisición de conocimiento asociado con los sistemas tradicionales.

El CBR es un conjunto de técnicas para el desarrollo de KBS que se basa en almacenar, recuperar y reutilizar las soluciones a problemas parecidos previamente resueltos, en lugar de generar basadas en un modelo general exhaustivo del conocimiento del dominio. El CBR facilita la adquisición de conocimiento porque resulta más sencillo recordar hechos pasados que proporcionar reglas de aplicación general.

La solución que aporta el sistema en nuestro caso se basa en la decisión de cuál será el tipo de contención-cimentación que se deberá ejecutar para soportar el nuevo edificio entre medianeras.

1.2. Objetivos de la tesis

Objetivo general

- Obtener una nueva metodología, basada en un sistema experto, de elección de la/s cimentación/es-contención/es más idónea/s para ejecutar en

edificios situados entre medianeras o que las comparten, con el fin de evitar en la medida de lo posible los derrumbes de los edificios colindantes.

Objetivos específicos

- Detectar cuáles son los datos necesarios que deben ser recogidos en trabajo de campo para su posterior introducción y utilización en la base de datos.
- Fijar el formato y estructura que debe tener la base de casos iniciales y de casos futuros para que puedan ser tratados y estudiados por el sistema experto.
- Obtener un resultado inequívoco por y para cada uno de los casos introducidos en el sistema que permita, por un lado, decir cuál será el tipo de contención-cimentación a ejecutar para ese caso en cuestión, y por otro, aumentar en un futuro la base de datos, es decir, su conocimiento.
- Proponer una nueva metodología que seleccione el algoritmo/s más apropiado/s para una nueva base de datos específica por medio de un sistema experto, CBR. De hecho la nueva base de datos (condición que el nuevo caso de la base de casos no se derrumbe) se tomará como el problema a resolver desde el punto de vista del CBR. La recomendación final se hará encontrando de entre la base de casos del sistema, el caso o casos que más se asimilen al nuevo caso.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis científicas

- I. Este trabajo de investigación dará como resultado una nueva metodología que se podrá utilizar para decidir qué tipo de cimentación-contención es, técnicamente, la más adecuada en la construcción de un edificio entre medianeras.
- II. Se puede utilizar la inteligencia artificial en las decisiones que afectan al tipo de contención-cimentación de un edificio entre medianeras.
- III. El resultado que se obtenga de la ejecución del sistema experto para cada nuevo caso, puede pasar a aumentar la base de datos inicial cuando se conozca el resultado de la ejecución del propio caso en obra, e incluso podrá ser modificado con posterioridad.
- IV. Los resultados obtenidos del CBR podrán ser validados por métodos estadísticos.

1.3.2. Hipótesis de cálculo

- V. Se fija sólo un valor numérico de ángulo de rozamiento interno para cada componente del terreno (arcillas, limos, arenas, gravas y rocas) igual al valor medio del rango de valores que puede tomar cada uno de ellos.
- VI. Se supone que la cohesión depende sólo de la humedad del terreno.

- VII. Se supone que la compacidad es la misma en los terrenos de todos los casos estudiados, en consecuencia, esta característica afecta a todos los terrenos por igual.
- VIII. Se supone que el ángulo de rozamiento interno del terreno depende sólo del tamaño del grano, de la compacidad y de la cohesión. El tamaño del grano es lo que clasifica al terreno en arcillas, limos, arenas, gravas y rocas. La compacidad se supone constante para todos los terrenos así que no se tendrá en cuenta. La cohesión participará como un atributo por sí mismo, representado por la variable presencia de agua.

1.4. Alcance de la tesis

- Sólo se tendrán en cuenta aspectos técnicos para la toma de decisión del tipo de contención-cimentación de edificios entre medianeras, es decir, no se tendrán en cuenta aspectos económicos ni temporales.
- Contarán como derrumbados los edificios que comparten medianeras en los que aparezcan grietas con una magnitud tal que hayan obligado al desalojo de sus ocupantes por peligro de derrumbe.
- La información, fotografías y videos de terrenos, edificios o parte de estos mostrados en la tesis en los que no aparece derrumbe, sirven para ilustrar al lector, para mostrar que existen otros problemas, a priori, no tan graves como son las grietas, corrimiento de tierras, asentamientos diferenciales, pero que son un indicador claro de lo que está sucediendo y de lo que va a suceder.
- La zona de estudio abarca sólo el territorio español aunque un grueso importante de los casos se sitúan en Cataluña. Se dispone también de diversa documentación de ámbito internacional, aunque estos casos no están incluidos en la base de datos.
- Formarán parte del estudio de esta tesis, los casos de sucesos donde existan: derrumbes parciales y totales de fachadas, medianeras, muros, forjados, cubiertas, cimentaciones y contenciones de edificios colindantes a un edificio en obras.
- No formarán parte del estudio de esta tesis los derrumbes provocados por incendios y explosiones de instalaciones propias o de edificios colindantes como pueden ser las explosiones por gas y los incendios por cortocircuitos. Tampoco formarán parte los edificios derrumbados por movimientos sísmicos (terremotos).
- Sólo se tendrán en cuenta las clasificaciones del suelo por el tamaño de grano del material: arcillas, limos, arenas, gravas, rocas. Es decir, no se valoran clasificaciones por escalas temporales geológicas (Cenozoico, Cuaternario, Holoceno, etc.) ni ninguna otra clasificación.

1.5. Estructura de la tesis

En el capítulo 1 se define el problema y la necesidad detectada, es decir, el desplome de edificios entre medianeras al lado de los cuales se estaba ejecutando la obra de un edificio nuevo. Para que se pueda realizar una pronta comprensión del problema se cita un primer caso ejemplo de derrumbe, cuáles son algunas de sus características y, a grandes rasgos, qué fases hay en la metodologías actual y propuesta para la correcta ejecución de un edificio entre medianeras. Se definen objetivos, hipótesis y alcance de la tesis.

En el capítulo 2 se expone el estado del arte hasta el momento de las diversas disciplinas que participan. Una primera ciencia es la mecánica de suelos, donde se incluye la definición de los tipos de terrenos y suelos. Una segunda disciplina está formada por la definición de sistemas terreno-contención-cimentación y patologías en edificios. Una tercera parte incluye el análisis mediante métodos estadísticos y una cuarta y última disciplina, la inteligencia artificial y los sistemas expertos. Cabe decir que el orden de participación de estas en el desarrollo de la tesis no es exactamente el citado, ya que en primer lugar interviene la mecánica de suelos, en segundo lugar los sistemas terreno-contención-cimentación y patologías en edificios, en tercer lugar los sistemas expertos y en cuarto y último el análisis de los resultados mediante métodos estadísticos.

El capítulo 3 corresponde a la metodología de la tesis. Se distinguen 3 fases en este capítulo, cada una de ellas con diferentes finalidades. Estas son: metodología de trabajo de campo y recogida de datos, metodología de gestión de datos y metodología del análisis de los datos.

Una primera metodología que se encarga de pautar el trabajo de campo, que a la vez está dividida en dos fases. Una primera fase que es la encargada de la búsqueda de casos en fuentes de información como internet, hemerotecas, periódicos, noticias y una segunda fase que es in situ, donde ocurre el suceso.

Una segunda metodología que es la que indica cómo se deben gestionar estos datos, como debe ser la base de datos en la cual se introducen todos los casos y que datos incoherentes se deben eliminar de la misma.

La tercera metodología es la que se utiliza dentro de la herramienta de gestión del conocimiento "Gesconda II" y que a la vez también está dividida en varias fases, cada una de ellas operada por su modulo correspondiente.

En el capítulo 4, se detallan las tres herramientas principales usadas para el desarrollo de la tesis.

Una primera herramienta, internet, que como se ha citado anteriormente, ha sido básica para la consecución de la primera fase correspondiente al trabajo de campo y recogida de datos. Habría supuesto una gran dificultad la detección de la existencia y localización de la mayoría de los casos registrados. Gracias a ésta y a la realización de búsquedas en ella por diferentes criterios, se ha conseguido identificar gran parte de los casos de derrumbe. Esto, sin duda, ha sido causado por su gran impacto mediático, cosa que ha provocado que estos casos fueran acompañados de la noticia correspondiente en la prensa digital.

Una segunda herramienta es la base de datos creada en Excel. Esta ha permitido ordenar, actualizar, homogeneizar y filtrar la totalidad de los casos de los que se disponen. Esta permite ver rápidamente la cantidad de casos introducidos y los atributos o variables que en principio se utilizarán para su posterior análisis. A la vez facilita la introducción de los nuevos casos y cuál va a ser cada uno de los valores de sus atributos.

La tercera herramienta básica es el sistema experto. Como se ha citado anteriormente, es un sistema basado en casos (CBR) e incorpora diferentes módulos a parte del "CBR" que ayudan a mejorar su eficacia, como es el módulo de "Feature Weighting", encargado de asignar pesos, mediante diferentes métodos, a cada uno de los atributos.

El capítulo 5, es el desarrollo del estudio. Está separado en tres fases.

Una primera fase donde se especifica cuál ha sido la fuente que ha proporcionado esa información y en el caso de internet, que palabras clave se han utilizado.

Una segunda fase en la que se especifican cada uno de los atributos o variables que determinan las columnas de la base de datos. También se detallan cuales son los valores que estas variables pueden tener y la cantidad de casos para cada valor de estas variables.

Una tercera fase en la que ya se le pasa la base de datos a la herramienta de gestión del conocimiento "Gesconda II". A partir de este punto, la herramienta permite definir la importancia, es decir, el peso de cada uno de los atributos en la base de datos (Feature Weighting), la estructura del caso, los algoritmos para el cálculo de distancias entre los casos semejantes, su adaptación, evaluación y aprendizaje.

En el capítulo 6 se realiza la introducción y evaluación de un nuevo caso.

Se describen los pasos a seguir para poder obtener el tipo de cimentación-contención que técnicamente más se va a adecuar al caso que al usuario se le plantee.

En el capítulo 7 se realiza el análisis de los resultados obtenidos en el sistema experto. Es aquí donde se determina cuáles son las metodologías y algoritmos más adecuados para tratar la base de datos. En este análisis participan también el método estadístico t de Student.

En el capítulo 8 se enumeran las conclusiones a las que se ha llegado durante la realización de la tesis. Estas conclusiones dan lugar a las recomendaciones a seguir por los usuarios de esta nueva metodología.

En el capítulo 9 se citan las líneas futuras de investigación para la continua mejora del nuevo método.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Sistemas de terrenos-contención-cimentación

2.1.1. Generalidades

Según García-Valcarce *et al.* (2003), el cimiento es un elemento constructivo que está formado por dos subcomponentes: el terreno y la infraestructura. Ambos deben dar respuesta a los esfuerzos que les transmite la edificación y, en su caso, el entorno del edificio durante la vida útil de éste sin que por su causa se originen deterioros, garantizando el grado de fiabilidad que exija la normativa. Se trata de un elemento constructivo enterrado que habitualmente permanece oculto y no influye en los aspectos estéticos y de diseño, aunque indirectamente puede afectar a los mismos.

La elección de este sistema constructivo se ha basado tradicionalmente en la experiencia, en datos empíricos. El cimiento se realizaba de modo análogo al de las otras obras ya ejecutadas con anterioridad de características similares cuya descripción solía aparecer en libros y tratados. Es evidente que este empirismo no era garantía de obtención de la solución óptima desde el punto de vista técnico ni económico. El cambio de método se inicia a partir del año 1925 con la publicación de la "Erdbaumecanik" de Karl Terzaghi y comienza a consolidarse y a iniciarse la geotecnia, con la publicación en el año 1943 de la "Mecánica teórica de los suelos" del mismo autor. Comienzan entonces a cobrar importancia los laboratorios y los métodos de reconocimiento de terrenos que tienen por objeto su clasificación y el reconocimiento de sus propiedades físicas, mecánicas y físico-químicas.

El empirismo y la experiencia eran aún, en los comienzos de la década de los años 60, los métodos más empleados que dictaban la elección del tipo de cimiento y con los que se fijaba la capacidad portante del terreno. En esta época, por el contrario, se empezaba a dar gran importancia al estudio geotécnico y se comenzaba a valorar su necesidad para garantizar la seguridad y optimizar el coste del cimiento.

La Geotecnia es la ciencia que se ocupa del estudio de las modificaciones que producen las construcciones humanas en los estados de equilibrio y tensión de las capas de la corteza terrestre.

Analizados desde un punto de vista geotécnico, los materiales que forman la corteza terrestre se dividen en dos grandes categorías: terrenos y rocas; a su vez, éstas son objeto de estudio por parte de dos ciencias, la Mecánica del Terreno y la Mecánica de las Rocas. La disciplina compuesta por la unión de ambas se denomina Geotecnia.

La Mecánica del Terreno estudia las propiedades mecánicas, físicas e hidráulicas de los terrenos desde el punto de vista de su aplicación a la construcción.

Geológicamente existen en España 3 zonas muy diferenciadas:

- Sistema de montañas periférico de altura media-alta
- Meseta Central, que constituye aproximadamente el 75% de la superficie de España e influye considerablemente en la altitud media, 660 m.
- Grandes llanuras, entre las cuales las más importantes son las depresiones del Guadalquivir y del Ebro. Su formación es anterior a la de la Meseta Central y están colmadas de sedimentos modernos y profundos.

En función de los terrenos que se observan en el paisaje de la península Ibérica cabe distinguir las siguientes zonas (Figura 2.1).

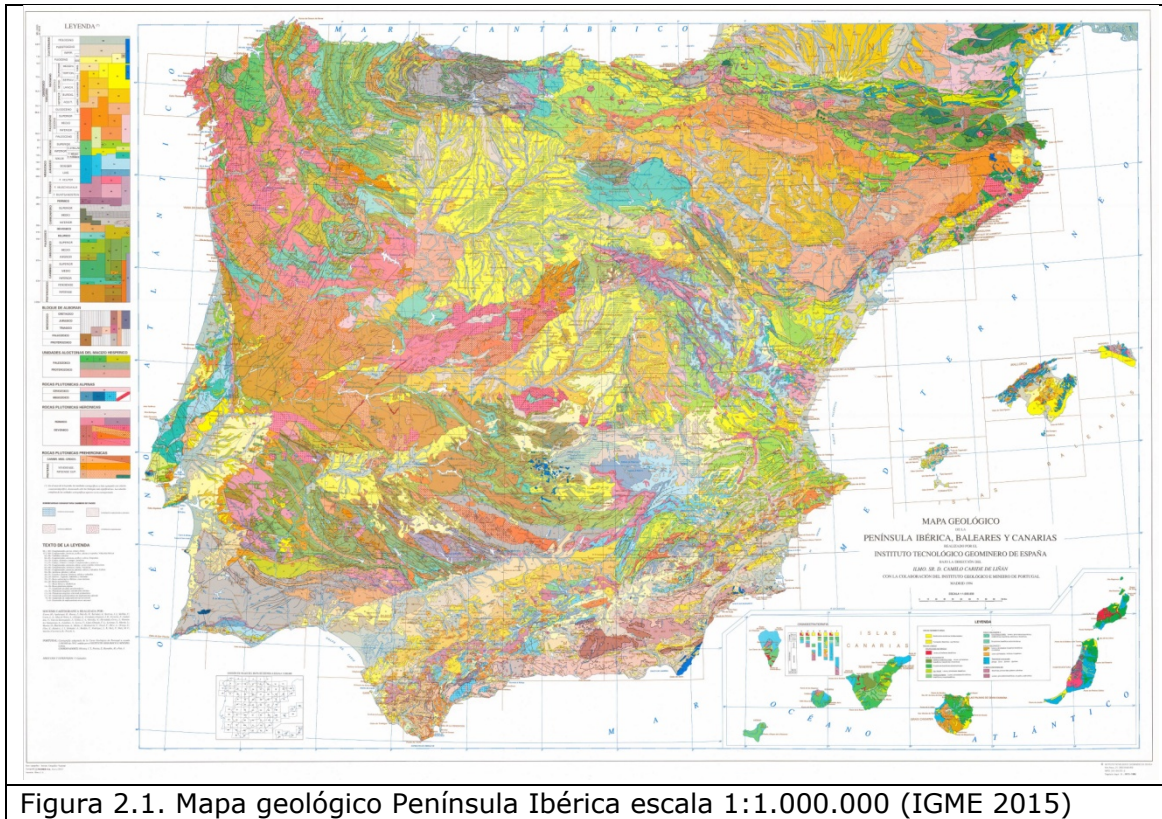


Figura 2.1. Mapa geológico Península Ibérica escala 1:1.000.000 (IGME 2015)

- Zona arcillosa, corresponde a terrenos terciarios y cuaternarios, dispuestos normalmente en bancos horizontales, que no han sido afectados por plegamientos modernos. Ocupa las mesetas de las dos castillas y las depresiones del Ebro y del Guadalquivir.
- Zona caliza, compuesta por terrenos de la era secundaria que normalmente están formados por macizos de grandes espesores de rocas calizas blanco grisáceas. Ocupa una zona en la parte septentrional, discurre desde Girona hasta Asturias y desciende por el sistema Ibérico hasta unirse con las sierras sub-béticas.
- Zona silíceo, compuesta por terrenos primarios. Está formada por granitos pizarras y cuarcitas. Ocupa la parte occidental y noroeste, es decir, las zonas de Extremadura, Andalucía y Galicia-León.

En la Tabla 2.1 se puede observar la distribución de terrenos en España (García-Valcarce et al 2003).

Ubicación	Facies litológica
Regiones galaico-leonesa y extremeño-andaluza	Gneis micácico y granítico Micacitas Pizarras cloríticas Inserciones arcillosas
Manchas en: <ul style="list-style-type: none"> • Galicia • León • Asturias • Pirineos • Cordillera costera Catalana • Extremadura 	Arcillas azules Calizas y pizarras Pizarras verdosas
Grandes extensiones en el noroeste Grandes espesores: <ul style="list-style-type: none"> • Suroeste • Centro plegado • Moncayo • Sierra de la Demanda 	Calizas Pizarras, areniscas, cuarcitas. En algunos lugares cuarcita armoricana
Asturias y León Algo en Pirineos	
Asturias, león, Palencia, Puertollano, Peñarroya	Carbón y facies terrígenos
Poca superficie en el Pirineo catalán y aragonés	Areniscas y margas de color rojo
Afloramientos numerosos de pequeña extensión	Margas abigarradas a veces yesíferas. En ocasiones, ofitas Calizas Areniscas rojas o rodenos
Áreas muy reducidas	Margas, calizas margosas Calizas e incluso dolomías
Pirineos catalanes, costa de Levante, cordilleras Penibéticas y sub-béticas	Caliza margosa
Litoral cantábrico y algún tramo continental Continental Los sedimentos son potentes en toda España, en grado máximo en Castilla la Vieja	<ul style="list-style-type: none"> • Muy arenoso, margas y calizas • Calizas potentes, margosas y arenosas
Los afloramientos más importantes se dan en el norte de la cuenca del Ebro desde Navarra a Cataluña	Calizas y margas
Yacimientos de Suria y Cardona	Formación de lagos con series potentes de sedimentos Sales Margas, areniscas rojas y grises Conglomerados

<p>Dos zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sur y Oeste – Marina • Centro y norte – Lacustre 	<p>Areniscas, margas, molasas y conglomerados</p> <p>Calizas, arcillas, margas y yesos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Marino: poco representado en España, repartido a lo largo de las costas. Empordà, Almería y penetra por el valle del Guadalquivir hasta Sevilla. • Lacustre: lagunas del interior, a veces cubiertas por el Cuaternario. 	<p>Arenas y margas arenosas</p>
<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de las costas actuales • Desembocaduras de los ríos Ebro y Guadalquivir 	<p>Depósitos marinos, formaciones terrígenas, morrenas, sedimentos eólicos y terrazas por arrastre fluvial.</p> <p>Arrastre fluvial</p>

Tabla 2.1. Distribución de terrenos en España (García-Valcarce et al 2003)

Aunque para ver realmente el detalle de los tipos de terreno existentes en la península existen dos fuentes esenciales en la red que todo experto en suelos conoce de dominio público: las webs del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (IGC) y del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

2.1.1.1. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (IGC)

La funciones del IGC son las relacionadas con el ejercicio de las competencias sobre geodesia, cartografía y sobre la infraestructura de datos espaciales de Cataluña.

Por otro lado, también impulsa y realiza las actuaciones relativas al conocimiento, la prospección y la información sobre el suelo y subsuelo (Figura 2.2).

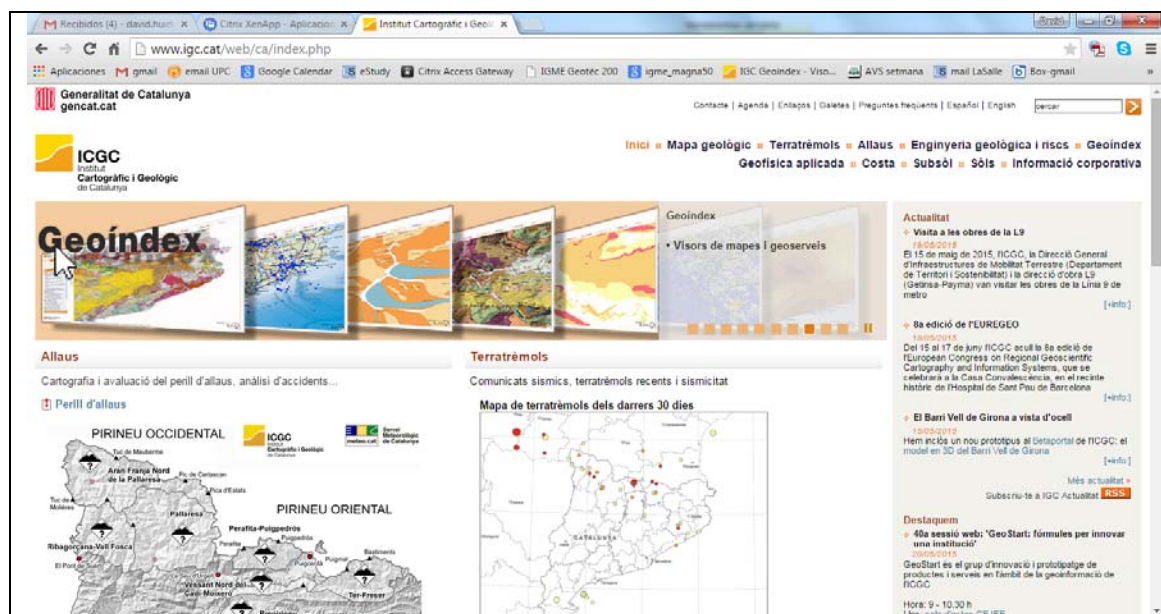


Figura 2.2. Página de inicio del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (IGC 2015)

El “**Geoíndex**” es el instrumento que le permite al usuario la búsqueda, visualización y solicitud de información sobre los grupos de conjuntos de información que integran las bases de datos del IGC a partir de un conjunto de visores y geoservicios (Figura 2.3).

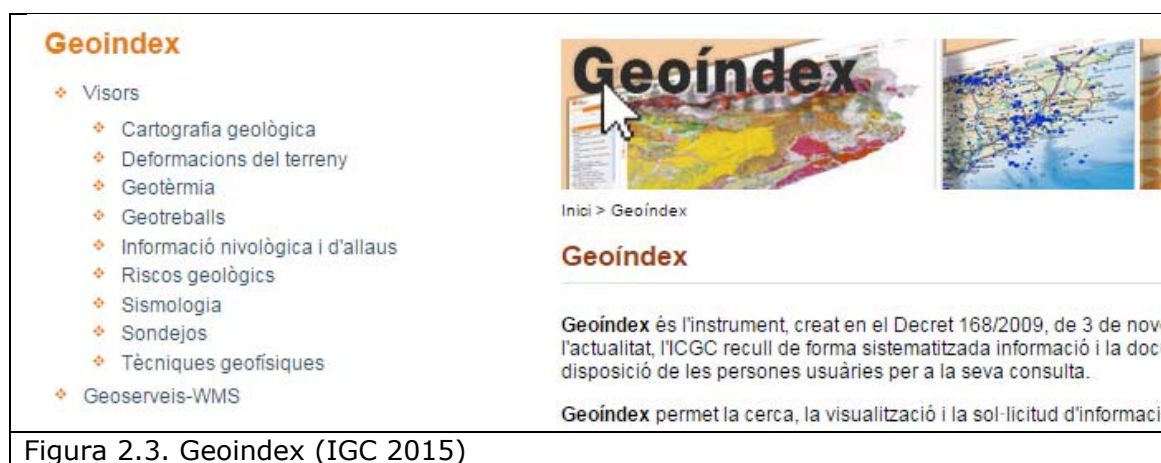


Figura 2.3. Geoindex (IGC 2015)

El IGC pone a disposición del usuario varias herramientas y recursos para determinación de la composición del suelo en todo el territorio catalán. Estos se detallan el apartado 4.

2.1.1.2. Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

Su función prioritaria es la de elaborar y publicar la cartografía geológica nacional, así como las cartografías temáticas y planes nacionales, las obras de infraestructura y la ordenación del territorio, entre otros fines dentro del ámbito de actividad del IGME.

Las Figuras de 2.4 a 2.6 muestran la página de inicio del IGME y los menús de la cartografía geocientífica y de la cartografía digital, respectivamente. Dentro de la cartografía digital se puede observar las diferentes series de cartografía geológica y cartografía temática (Figura 2.6).

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras



Figura 2.4. Página de inicio del Instituto Geológico y Minero de España (IGME 2015)

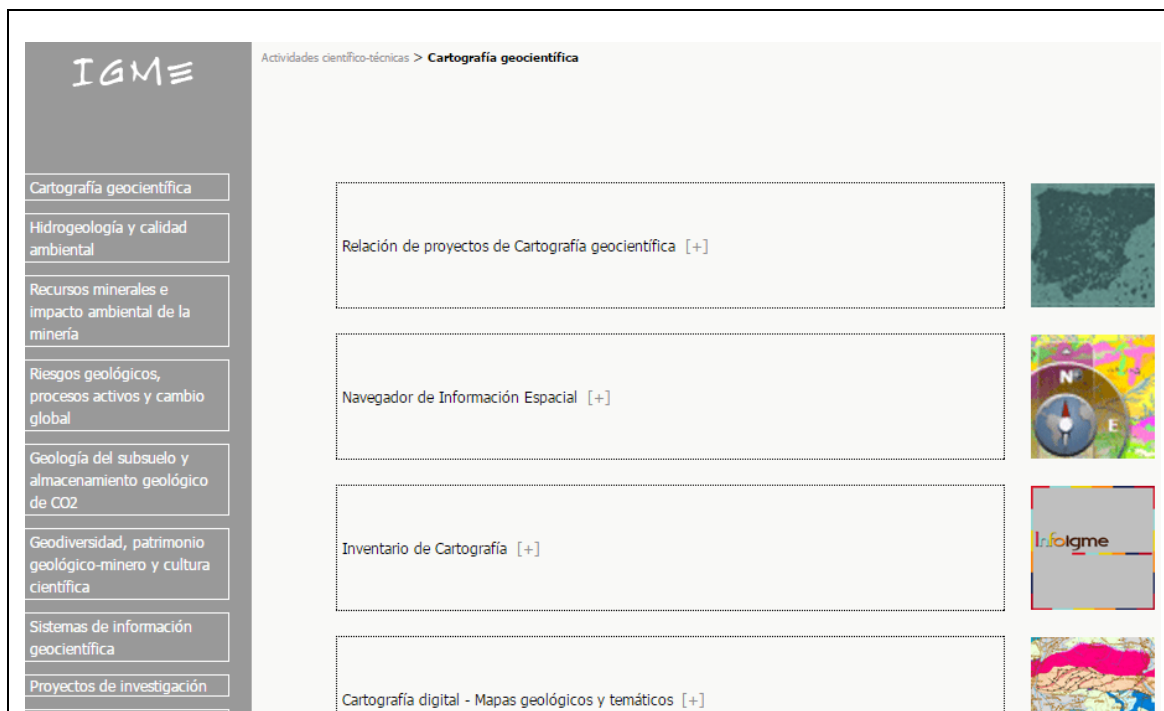


Figura 2.5. Menú cartografía geocientífica (IGME 2015)



Figura 2.6. Menú cartografía digital (IGME 2015)

El IGME dispone de diversas herramientas para la realización de consultas de material cartográfico y geológico. Estas se detallan en el apartado 4.

2.1.1.3. Clasificación de los terrenos

Según Lambe (2002), la clasificación de suelos consiste en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de unas ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación puede ser un proceso empírico puesto a punto a través de una experiencia considerable. La clasificación de suelos permite resolver muchos tipos de problemas sencillos, y sirve de guía para preparar el programa de experimentación, si la dificultad e importancia de problema requiere una investigación más profunda.

La mayoría de las clasificaciones de suelos utilizan pruebas muy sencillas, de tipo indicativo, para obtener las características del suelo necesarias para asignarlo a un determinado grupo. Evidentemente una clasificación de suelos pierde su valor si las pruebas de partida resultan más complicadas que la necesaria para medir directamente la propiedad fundamental que se desea conocer. Las características utilizadas más corrientemente son la granulometría y la plasticidad.

Así pues, en la clasificación que describe García-Valcarce *et al.* (2003) en función del tamaño de los granos que los componen, se distinguen dos grandes grupos o clases de terrenos, granulares $\geq 20 \mu\text{m}$ y cohesivos $< 20 \mu\text{m}$, aunque la clasificación elemental de los terrenos según la dimensión de sus partículas se representa en la Tabla 2.2.

Bloques rocosos	>200 mm	>300 mm
Bolos, guijarros	200 a 20 mm	400 a 60 mm
Gravas	20 a 2 mm	60 a 2 mm
Arenas	2 mm a 50 µm	2 mm a 60 µm
Limos	50 µm a 5 µm	
Arcillas finas	5 µm a 2 µm	
Arcillas muy finas	2 µm a 0,2 µm	
Coloides	<0,2 µm	

Tabla 2.2. Clasificación de los terrenos según las dimensiones de sus partículas (García-Valcarce *et al.* 2003)

Como las clasificaciones de suelos se han preparado para servir de ayuda en la resolución de problemas, han surgido clasificaciones adaptadas a muchos tipos de problemas. Por ejemplo, para su utilización en problemas de flujo y filtración, los suelos se clasifican según su grado de permeabilidad. El cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU., desarrolló una clasificación de susceptibilidad a la helada en el cual, partiendo de la granulometría, se puede clasificar en categorías según su comportamiento frente a la helada. El *Bureau of Public Roads* preparó una clasificación de los suelos utilizados en la construcción de carreteras. Tanto el Cuerpo de Ingenieros como la FAA (*Federal Aviation Agency*) desarrollaron clasificaciones para la construcción de pistas de aeropuertos. En 1952 el *Bureau of Reclamation* y el Cuerpo de Ingenieros presentaron un "sistema unificado" destinado a servir para todos los problemas de ingeniería en los que intervinieran suelos. Esta clasificación se presenta en las tablas 2.3 y 2.4, incluidas en el Anexo 1. Tablas y figuras.

	A	B	C	D	E	F	G		
1	Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm (3") y basando las fracciones en pesos estimados)							Símbolo del grupo	Nomb
2	Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es retenido por el tamiz nº 200. (La abertura del tamiz nº 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Gravas. Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz nº 4. (Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz nº 4 equivale a medio centímetro)	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios			GW	Grava arena	
3				Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios			GP	Grava grava	
4			Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)			GM	Grava de grs	
5				Finos plásticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)			GC	Grava de grs	
6		Arenas. Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz nº 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios			SW	Arena con p	
7				Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios			SP	Arena con p	
8			Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para la identificación ver el grupo ML más abajo)			SM	Arena mal q	
9				Finos plásticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)			SC	Arena de are	
10		Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz nº 40.							
11				Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Dilatancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico)			
12				Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula		ML	Limos polvo arcillo
	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50								

Tabla 2.3. Sistema unificado de clases de suelos. Incluida en el Anexo 1. Tablas y figuras (Lambe 2002)

	A	B	C	D	E	F
1	Suelo	Fracción del suelo		Símbolo	Granulometría y descripción	Definición de las propiedades
2		Bloques		No hay	Redondeados a angulosos, formados por rocas duras; diámetro medio > 30 cm	Los bloques y boleos son elementos muy estables utilizados para terraplenes, balastos y para estabilizar taludes (Enrocamientos). Debido a su tamaño y peso su presencia en los depósitos naturales de suelo tiende a mejorar la estabilidad de las cimentaciones. La angularidad de las partículas aumenta la estabilidad.
3		Boleos, bolos		No hay	Redondeados a angulosos, procedentes de rocas duras; 15 cm < diámetro medio > 30 cm	
4	Fracciones gruesas	Grava		G	Redondeados a angulosos, procedentes de rocas duras; pasa por el tamiz de 3" (76,2 mm) y es retenida por el tamiz n°4 (4,76 mm)	La grava y la arena tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles aunque en grados diferentes. El tamiz n° 4 es una división arbitraria y no corresponde a un cambio apreciable de propiedades. Son fáciles de compactar, resultan poco afectadas por la humedad y no están sujetas a la acción de la helada. Las grava: suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a
5			Gruesa		Entre los tamices 3" a 3/4" (76,2 a 19 mm)	

Tabla 2.4. Componentes y fracciones del suelo. Incluida en el Anexo 1. Tablas y figuras (Lambe 2002)

En el proceso natural de formación de terrenos tiene un papel importante la erosión. Ésta tiende a destruir macizos montañosos, los materiales disgregados son arrastrados y depositados en depresiones por la acción del hielo, el viento y el agua. Estos materiales pueden acumularse en continentes o en océanos y mares.

Los materiales que tienen su origen en las rocas sufren una evolución continua denominada diagénesis. En ella influyen factores como la presión (peso de las capas que se van depositando encima y el líquido que contienen sus poros), la temperatura (variaciones de volumen por cambios térmicos) y la naturaleza de la base acuosa intersticial (acidez o alcalinidad y potencial oxidante reductor). La presión origina consolidación y por tanto un aumento de resistencia. En ocasiones tiene lugar la recristalización, que a su vez suele conducir a una cementación (algunos elementos cementantes son el sílice, los carbonatos y los sesquióxidos).

Las tierras comentadas son pseudo-sólidos formados por partículas que proceden de la roca matriz sometida al ciclo erosivo.

En la corteza terrestre predominan dos tipos de rocas:

- SIAL: ligeras y formadas por silíceo y aluminio
- SIMA: pesadas y formadas por silíceo, hierro y magnesio.

Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas según el proceso que las haya generado (Tabla 2.5).

Las ígneas se forman por enfriamiento del magma en el interior de la corteza terrestre (intrusivas) o en el exterior (extrusivas o volcánicas). Las sedimentarias tienen su origen en la erosión, transporte, precipitación y consolidación. Las metamórficas son el resultado de la modificación de las rocas ígneas y sedimentarias después de ser sometidas a procesos de metamorfismo por las acciones corticales terrestres (presión y temperatura).

Ígneas	Plutónicas	Granitos
	Volcánicas	Basaltos
Sedimentarias	Detríticas	Conglomerados Areniscas Lutitas
	Químicas	Calizas Dolomías Rocas evaporíticas
Metamórficas		Mármoles y pizarras

Tabla 2.5. Clasificación de las rocas (García-Valcarce *et ál.* 2003).

Las aguas presentes en el terreno proceden de los agentes meteorológicos lluvia, nieve y granizo. Una vez en el terreno se distinguen las aguas superficiales, las que discurren sobre la superficie de la tierra, y las subterráneas, que son las infiltradas en los terrenos o las aguas de sedimentación. Estas últimas pueden formar cuatro formas distintas:

- Agua de contacto: la que está en las capas de terreno superiores a la zona capilar
- Agua capilar: asciende por capilaridad a partir de la superficie freática.
- Agua freática: la que se encuentra por debajo del nivel freático, siendo éste "el lugar geométrico de los puntos en los que la presión del agua es igual a la atmosférica"
- Agua de almacenamiento: las que se encuentran generalmente a profundidades superiores a 100m y en grandes cavidades

El elemento estructural (cimiento) tiene como función recibir, dar respuesta y transmitir al terreno o roca, los esfuerzos que se ejercen sobre la estructura resistente. El terreno o la roca han de soportar y dar respuesta a los esfuerzos que les transmite el cimiento durante toda la vida prevista para la construcción. La capacidad portante, o de cálculo, del terreno será en función de su carga de hundimiento afectada por un coeficiente de seguridad o de la carga límite que origina asientos iguales o menores que los admisibles para el tipo de edificación que se trate. El cimiento, entendido como el conjunto del terreno y el elemento estructural, deberá cumplir con su función durante toda la vida prevista para la construcción sin que las previsibles variaciones puedan ser causa de fenómenos patológicos en ella. Estas alteraciones pueden afectar a cualquiera de los dos componentes y provocar daños constructivos y estructurales, que pueden alcanzar los estados límite de servicio, o el estado límite último.

2.1.2. Propiedades físicas, físico-químicas y mecánicas de los terrenos.

Las propiedades físicas de los terrenos:

- Densidad (ρ) y peso específico (γ).

La densidad (kg/m^3) es el cociente entre la masa y el volumen. El peso específico (N) expresa el peso de una unidad de volumen.

- Porosidad (n), índice de huecos (e) y compacidad.

Porosidad es la razón entre el volumen de huecos y el volumen total. El índice de poros o huecos es la razón entre el volumen ocupado por los poros y el volumen de materia sólida. La compacidad es la relación entre el volumen de las partículas sólidas y el volumen aparente.

- Humedad y grado de saturación.

La humedad se define como la relación entre el peso del agua contenida y el peso de las partículas sólidas. El grado de saturación es la fracción del volumen de los poros ocupada por el agua.

- Granulometría.

Los terrenos están formados por partículas de diferentes dimensiones. El análisis granulométrico permitirá conocer el porcentaje de cada una de ellas. Las propiedades mecánicas de un terreno están influidas notablemente por su granulometría, y en menos importancia la compacidad y la forma de los granos (tabla 2.6. Diferencias entre tipos de terrenos).

Diferencias entre Limos y Arcillas	
Limos (entre 0,002 y 0,06 mm)	Arcillas (<0,002 mm)
No suelen tener propiedades coloidales	Suelen tener propiedades coloidales
A partir de 0,002 mm, y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se hace cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos.	Consisten en su mayor parte de minerales arcillosos
Tacto áspero	Tacto suave
Se secan con relativa rapidez y no se pegan a los dedos	Se secan lentamente y se pegan a los dedos
Los terrones secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos	Los terrones secos se pueden partir, pero no reducir a polvo con los dedos.

Diferencias entre Arenas y Limos	
Arenas (entre 0,06 y 2 mm)	Limos (entre 0,002 y 0,06 mm)
Partículas visibles	Partículas invisibles
En general no plásticas	En general algo plásticas
Los terrenos secos tienen una ligera cohesión pero se reducen a polvo	Los terrenos secos tienen una cohesión apreciable pero se pueden reducir a

fácilmente entre los dedos	polvo con los dedos
Fácilmente erosionables por el viento	Difícilmente erosionables por el viento
Fácilmente drenadas mediante bombeo	Casi imposibles de drenar mediante bombeo
Los asientos de las construcciones realizadas sobre ellas suelen terminar al acabar la construcción	Los asientos suelen continuar después de acabada la construcción

Diferencias entre Gravas y Arenas	
Gravas ($> 2 \text{ mm}$)	Arenas (entre $0,06$ y 2 mm)
Los granos no se apelmazan aunque estén húmedos por la pequeñez de las tensiones capilares	Los granos se apelmazan si están húmedos por la importancia de las tensiones capilares
Cuando el gradiente hidráulico es mayor que 1, se produce en ellas flujo turbulento	No se suele producir en ellas flujo turbulento aunque el gradiente hidráulico sea mayor que 1
Es difícil perforar un túnel en gravas con agua mediante aire comprimido porque la pérdida de aire es muy alta	El aire comprimido es adecuado para perforar en ellas

Tabla 2.6. Diferencias entre tipos de terrenos (García-Valcarce *et al.* 2003)

Una curva granulométrica es un sistema de representación de la granulometría de un terreno. Se realiza mediante ejes coordenados, en las abscisas se representa el diámetro de las partículas en mm y en las ordenadas el % de partículas de la muestra total analizada que pasa por un determinado tamiz (figura 2.7).

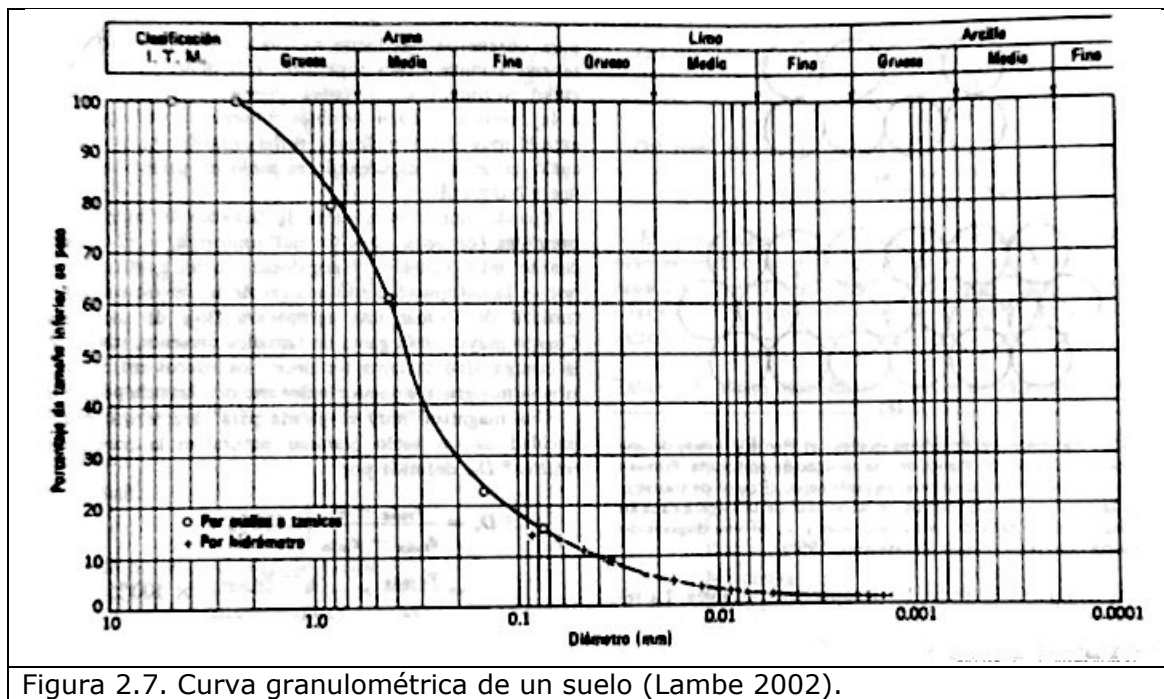


Figura 2.7. Curva granulométrica de un suelo (Lambe 2002).

- Plasticidad.

Los terrenos que poseen cierto grado de cohesión en función de su composición y de la cantidad de agua contenida pueden tener las propiedades de los estados semilíquido o viscoso, plástico, semisólido o sólido con retracción y sólido. El paso de un estado a otro se efectúa de modo progresivo, aunque existen ensayos que determinan la cantidad de agua con la que se produce dicho paso.

Las propiedades físico-químicas de las arcillas:

- Sensibilidad.

Relación entre la resistencia a compresión simple de una muestra inalterada y la resistencia a compresión simple de una muestra remodelada.

- Tixotropía.

Se dice que un material es tixotrópico cuando en reposo se presenta en estado sólido, mientras que en procesos de agitación se convierte en líquido

- Actividad.

La actividad de las arcillas es la fracción arcillosa del terreno, es decir el cociente entre el índice plástico y el porcentaje de partículas inferiores a 0,002 mm.

- Susceptibilidad.

Es el cociente Entre la resistencia al corte sin drenaje de una arcilla en su estado natural y la resistencia al corte de la misma arcilla después de ser enérgicamente amasada a humedad constante.

Hablar de las propiedades hidráulicas del terreno es hablar de la Ley de Darcy, el potencial o altura piezométrica y el gradiente hidráulico.

La Ley de Terzaghi o Principio de la presión efectiva es considerada como la ley más importante de la Mecánica de los Terrenos. Terzaghi descubrió que la compresión y la resistencia a esfuerzo cortante de un terreno dependen de la presión intergranular, o lo que es lo mismo, la presión efectiva.

Otro aspecto a tener en cuenta es la "Permeabilidad" de los terrenos. Todos los terrenos contienen agua en mayor o menor medida, en función de la permeabilidad el agua se filtra y circula por el terreno.

Cuando el agua tiene una circulación ascendente, la corriente circula en sentido contrario al peso del terreno, que es empujado hacia arriba. Cuando este empuje es superior a dicho peso, el terreno flota y se produce el "Sifonamiento" o efecto Renard. En excavaciones urbanas, con nivel freático alto suele producirse este fenómeno.

Los huecos en el interior de los terrenos forman una red por la que el agua es capaz de ascender por la acción de la "Capilaridad". La ascensión capilar depende

de la granulometría, del índice de huecos, de la forma de las partículas y de las impurezas presentes y aumenta conforme disminuye el diámetro de las partículas.

Si se somete una arcilla saturada al efecto de "Electroósmosis" disminuye la humedad de la arcilla y aumenta su resistencia al corte.

Propiedades Mecánicas de los terrenos:

- Compresibilidad.

La deformabilidad o compresibilidad es una variable característica de cada tipo de terreno y hace referencia a las deformaciones sufridas por el mismo bajo un esfuerzo de compresión. La duración del proceso también es variable. En terrenos no cohesivos el tiempo es menor porque el agua contenida es evacuada con rapidez gracias a su mayor permeabilidad. Por el contrario en terrenos cohesivos el agua tarda más en ser expulsada y por tanto el terreno tarda más en deformarse. La máxima deformación se alcanzará cuando se haya expulsado toda el agua. La consolidación de un terreno estará relacionada con la presión a la que se vea sometido y el tiempo de aplicación de la misma. El asiento de un terreno por tanto no es instantáneo, puede durar varios años si la capa compresible es de gran espesor y baja permeabilidad.

La consolidación se produce por la expulsión del agua intersticial sobrante y por la reordenación progresiva de las partículas del terreno.

Los terrenos granulares son más compresibles cuanto más blanda es la roca de la que proceden. En ellos, una parte muy importante de los asientos se produce de un modo instantáneo. El resto tarda más tiempo en producirse.

En términos generales, el material húmedo es más compresible que el seco y cuanto más redondeados son los granos que lo forman, el terreno es menos compresible.

Cuando un terreno parcialmente saturado, es sometido a una presión, se asienta y posteriormente se inunda, tiene lugar el efecto del colapso. Esto es, se produce un nuevo asiento de forma brusca. La probabilidad de colapso de un terreno aumenta cuanto mayor es la presión a la que está sometido.

- Compactación.

La compactación, al contrario que la consolidación, es un proceso rápido que no da lugar a la evacuación del agua ni a la pérdida de humedad. La densificación se produce por la disminución del tamaño de los poros que contienen aire y el reordenamiento de las partículas.

- Resistencia a compresión simple.

En un ensayo a compresión simple, será la tensión a la que se romperá una probeta.

- Resistencia al corte.

La única fuerza que se opone al deslizamiento es la resistencia al corte. Importante por tanto para el estudio de la estabilidad y rotura de los terrenos.

- Hinchamiento.

Cualquier suelo saturado aumenta de volumen cuando disminuye la presión efectiva que actúa sobre él. Del mismo modo por la acción de la helada el agua experimenta un aumento de volumen, produciendo así, otro tipo de hinchamiento. El hinchamiento irregular provoca asiento negativos diferenciales que son causa frecuente de daños en los elementos estructurales.

Otras dos propiedades muy importantes a definir son la cohesión y la fricción interna del terreno.

- Cohesión.

La cohesión del terreno es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno.

- El ángulo de rozamiento interno

El ángulo de rozamiento interno o ángulo de fricción es la forma de representar una propiedad (el rozamiento interno) de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular (Tabla 2.7). En un material granuloso cualquiera el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación al tamaño del conjunto el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno.

El rozamiento interno, al igual que el ángulo de rozamiento interno depende de la compacidad del terreno, es decir, a medida que vayamos aumentando la compacidad, aumentará el ángulo de rozamiento interno hasta llegar al valor de densidad máxima (aquél en el cual el índice de huecos es el mínimo posible en función de empaquetamiento del material).

Se incluye tabla 2.7 en formato Excel en el Anexo 1. Tablas y figuras.

Clasificación	Angulo de talud natural		Para la resistencia residual		Para la resistencia maxima			
	$i(^{\circ})$	Talud	$\phi_{cv} (^{\circ})$	$tg \phi_{cv} (^{\circ})$	compacidad media		compacta	
					$\phi (^{\circ})$	$tg \phi$	$\phi (^{\circ})$	$tg \phi$
Limo (no plastico)	26 a 30	1:2 a * 1:1,75	26 a 30	0,488 a 0,577	28 a 32	0,532 a 0,625	30 a 34	0,577 a 0,675
Arena uniforme fina a media	26 a 30	1:2 a * 1:1,75	26 a 30	0,488 a 0,577	30 a 34	0,577 a 0,675	32 a 36	0,675 a 0,726
Arena bien graduada	30 a 34	1:1,75 a * 1:50	30 a 34	0,577 a 0,675	34 a 40	0,675 a 0,839	38 a 46	0,839 a 1,030
Arena y grava	32 a 36	1:1,60 a * 1:1,40	32 a 36	0,625 a 0,726	36 a 42	0,726 a 0,900	40 a 48	0,900 a 1,110

*Talud vertical : horizontal

Tabla 2.7. Ángulos de fricción (Lambe 2002)

2.1.3. La Naturaleza del suelo.

Se consideran en este apartado las características morfológicas del suelo como conjunto de partículas (Lambe 2002). Existen relaciones entre las diferentes fases que componen dicho conjunto. Estas relaciones tienen una amplia aplicación en la mecánica de suelos para el cálculo de esfuerzos. La relación entre fases, las características granulométricas y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar los suelos, facilitando así su estudio.

Por tratarse de un sistema discontinuo de partículas, un elemento de suelo constituye intrínsecamente un sistema de varias fases. La figura 2.8. Relaciones entre las fases de un suelo, muestra un elemento típico de suelo que contiene 3 fases diferenciadas: solida (partículas minerales), gaseosa y liquida (generalmente agua).

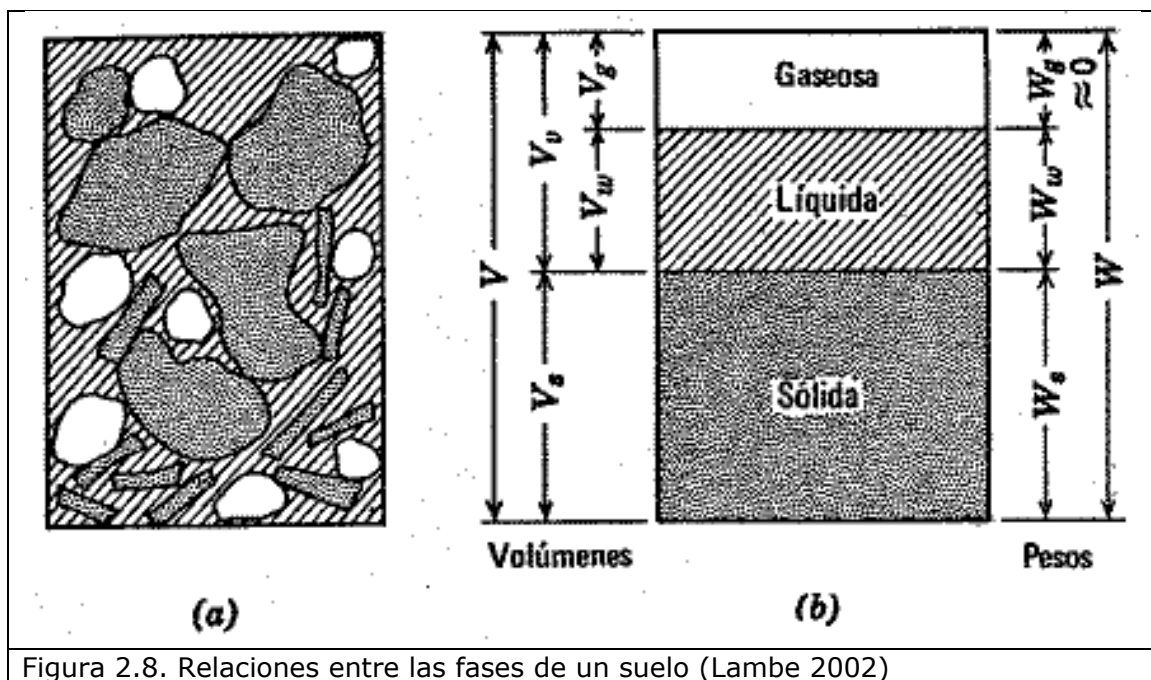


Figura 2.8. Relaciones entre las fases de un suelo (Lambe 2002)

Existen tres importantes relaciones de volumen que ya se han definido anteriormente, porosidad, relación de vacíos y grado de saturación. La relación entre pesos de fases más empleada es el contenido de agua, "humedad", que es el peso de agua dividido por el peso de partículas sólidas en un elemento de suelo. La humedad de una muestra de suelo se obtiene directamente por el siguiente método: se pesa el suelo natural; se seca en una estufa; se pesa el suelo seco y por último se calcula la humedad como diferencia entre los pesos inicial y seco, dividida por el peso seco.

En gran parte, gracias a trabajo de A. Atterberg y A. Casagrande (1948), los límites de Atterberg y los índices con ellos relacionados han constituido unos valores muy útiles para caracterizar los conjuntos de partículas de suelos. Los límites se basan en el concepto de que un suelo de grano fino solamente puede existir en cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un sólido se encuentra en estado sólido cuando está seco, pasando al añadir agua a los estados semisólido, plástico y finalmente líquido, como se indica en la figura 2.9. Límites de Atterberg.

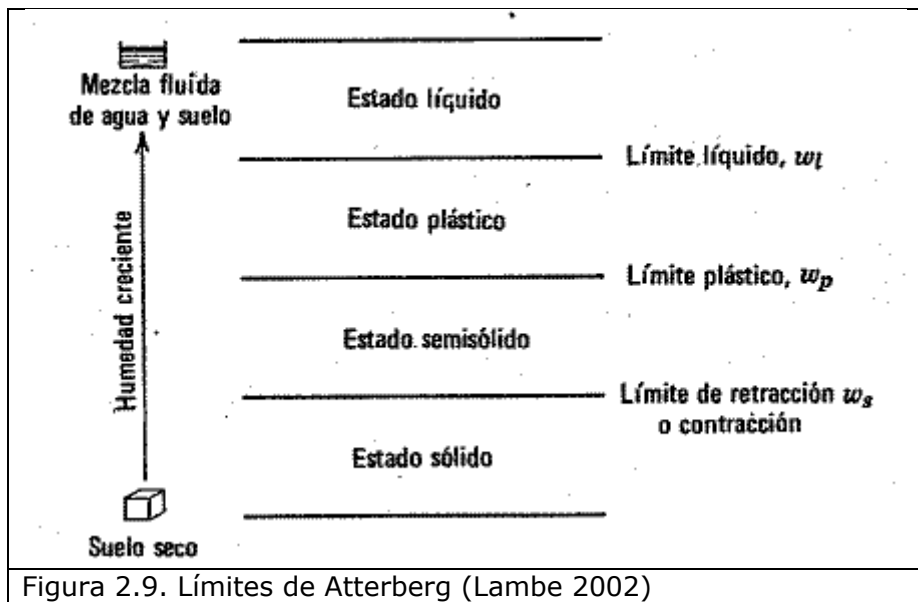


Figura 2.9. Límites de Atterberg (Lambe 2002)

Los contenidos de humedad y los puntos de transición de unos estados a otros se denominan límite de retracción, límite plástico y límite líquido.

El significado físico de los límites de Atterberg se basa en el concepto de un suelo como material que puede presentarse en varios estados.

2.1.4. Reconocimiento del terreno

Para obtener datos que caracterizan al terreno, tales como capacidad resistente, presiones admisibles, espesor de los estratos, nivel freático, agresividad... etc. Se tiene que efectuar un reconocimiento del terreno. El conocimiento de estos datos facilitará la toma de decisiones que afectan al conjunto terreno-cimiento.

Por ejemplo, la norma NBE AE-88 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 1977), que en el año 2.006 fue derogada por el Código Técnico de la Edificación, CTE DB-SE, establecen los criterios para llevar a cabo un reconocimiento del terreno y dice textualmente (Ministerio de Fomento 2006):

Para la elección de la tensión admisible en el terreno, se procederá a un reconocimiento de éste.

Se realizará un estudio de las observaciones e informaciones locales, así como el comportamiento de las cimentaciones de edificios próximos.

Realización de perforaciones con profundidad suficiente para llegar a todas las capas que puedan influir en los asientos de la obra y en número necesario para juzgar la naturaleza de todo el terreno afectado por la edificación.

La profundidad de las perforaciones no será en general inferior a:

- Cimentaciones discontinuas: tres veces el ancho mínimo de las zapatas, con un mínimo de 5 m.
- Cimentaciones continuas: vez y media del ancho de la placa de cimentación.

Estas profundidades se aumentarán prudencialmente en el caso de terrenos de mala calidad o en los que se presuma que existan a profundidad que pueda afectar a la obra, y en terrenos de estructura irregular.

Si con los estudios y observaciones de los apartados anteriores no pudiera fijarse de manera clara la presión admisible para el terreno, se deberá proceder a la realización de los ensayos precisos, los cuales deberán ser programados, ejecutados e interpretados por personal especializado.

Puede aceptarse la validez del método expuesto, pero resulta necesario señalar que un reconocimiento debe ser más completo atendiendo sobre todo a su finalidad, y estar caracterizado en función del tipo de cimiento, tipo de edificio, terreno que se trate y riesgo que se asuma.

Mediante este reconocimiento podrá decidirse la mejor manera de realizar el cimiento del edificio. Su finalidad es por tanto la optimización de la seguridad, el coste, la durabilidad y, en su caso, el plazo de ejecución. Los datos recogidos serán muy importantes en lo que afecta a la previsión de riesgos.

El terreno, como subcomponente del cimiento, debe por tanto, cumplir ciertas exigencias, referentes a previsión de riesgos y fiabilidad frente al hundimiento, asientos admisibles, deslizamientos, durabilidad y coste, que han de ser definidas previamente.

Además de la función básica resistente, el terreno también puede ser utilizado de forma secundaria como material de construcción (rellenos, terraplenes, trasdós de muros...etc.) y como material básico de construcción (hormigón, mortero...etc.).

También se puede utilizar como aportación para la mejora del terreno natural local.

El reconocimiento del terreno, por tanto, debe proporcionar información sobre todo aquello que aparece sobre su superficie, su topografía, las distintas capas que lo componen y las propiedades físicas y mecánicas de cada una de ellas.

La programación del reconocimiento requiere de la obtención de unos datos previos cuyo conocimiento será condicionante para aumentar o reducir el número y tipo de ensayos a realizar sobre el terreno. Estos datos aparecen expresados en la Tabla 2.8. Datos previos a reconocimiento del terreno.

Información general	Datos básicos
Experiencia local	Plano topográfico del solar
Antecedentes de cimientos próximos y su comportamiento en la zona	Plano de situación del solar y accesos. Construcciones existentes si las hubiere, y su situación en el solar. Arbolado
Historia del solar	Situación de las construcciones previstas en el solar
Usos previos	Dotaciones urbanas
Condiciones del entorno: <ul style="list-style-type: none"> • Edificios colindantes • Su cimiento • Su estado actual • Fisuras • Estado de las medianerías 	Número de plantas sobre y bajo rasante
Servicios urbanos: agua, alcantarillado, electricidad, gas, redes telemáticas, evacuación de basuras	Destino de las construcciones
Antecedentes geológicos: fallas, fracturas, cauces antiguos, meandros, zonas de erosión, socavones, karstificación, laderas inestables, sismicidad	Tipo de estructura y disposición de la planta
Datos hidrogeológicos: <ul style="list-style-type: none"> • Niveles freáticos y artesianos • Sus oscilaciones • Existencia de pozos • Captaciones • Albercas • Inundaciones. Cotas 	Orden de magnitud de las cargas sobre el cimiento
Características conocidas del terreno por expertos autorizados de la zona	Asientos admisibles
	Tolerancias de la estructura a movimientos totales o diferenciales y condicionantes límites de servicio
	Vibraciones a acciones térmicas generadas en la utilización de la estructura
	Cotas de rasante: <ul style="list-style-type: none"> • Solera de planta baja • Sótano más bajo • Alcantarillado
	Movimientos de tierra previstos en el solar
	Vertederos; situación

Fotografías del solar y de las obras próximas del mismo	Problemas legales y de acceso
Arqueología: ciudades enterradas, yacimientos arqueológicos	Disponibilidad de agua y electricidad, que puedan afectar al desarrollo de los reconocimientos
Tabla 2.8. Datos previos al reconocimiento del terreno (García-Valcarce <i>et al.</i> 2003)	

Con los datos obtenidos se puede tener un conocimiento de la naturaleza geológica del terreno, sin embargo, es aconsejable y recomendable la realización de un estudio geotécnico.

2.1.4.1. Estudio geotécnico

El estudio geotécnico tiene como objetivo la determinación de las propiedades mecánicas, físicas e hidráulicas del terreno analizadas desde el punto de vista de su aplicación a la construcción. Su redacción debe ser previa a la redacción del proyecto de edificación. Los estudios del terreno que se lleven a cabo deben permitir constatar que un determinado cimiento puede ejecutarse, técnica y económicamente, y proporcionar los datos para la elección del tipo de cimiento óptimo.

Es decir, la función del estudio geotécnico es la de determinar las características del terreno para el posterior diseño de la fundaciones. Sus resultados y conclusiones se concretan en el informe geotécnico, cuyo objetivo es el diseño y cálculo de de las fundaciones, de la red de drenaje y del movimiento de tierras.

El estudio geotécnico parte de la información previa del proyecto a construir y del terreno sobre el que se pretende cimentar. En función de esta información se realiza la programación de los trabajos de campo. Con las muestras extraídas de estos se realizan los ensayos de laboratorio y por último, en función de los datos obtenidos, se redacta el informe geotécnico.

Es conveniente, y a veces necesario, realizar estudios geológicos y geotécnicos de la zona. Las medidas que deben adoptarse en todo proyecto de edificación en relación con el terreno, son:

- Nunca omitir un estudio del terreno.
- Es necesario en la fase previa al proyecto y como apoyo para estudios de viabilidad ya que permite proyectar el cimiento óptimo.
- Es importante planificar los trabajos en colaboración con el especialista en terrenos.
- Hay que realizar toma y estudio datos del terreno, realizando para ello todas las pruebas necesarias.
- La solución del cimiento dependerá del estudio geotécnico, por lo que habrá que analizar más de una solución.
- Los datos del terreno influyen en el diseño de la estructura.

- Se deben analizar las soluciones comparándolas con las adoptadas en edificios próximos.
- Una mala resolución del cimiento generará problemas y aumentará los costes.
- La mala solución del cimiento es en la actualidad la mayor fuente de responsabilidades en el sector de la construcción.

Un estudio geotécnico estará formado por:

- Plano de planta, indicando situación de los cortes y puntos de reconocimiento
- Corte geotécnico estratigráfico, donde se indicará el espesor de las distintas capas.
- Clasificación del terreno de cada capa y características del mismo.
- Corte geológico donde se pone de manifiesto la variación del espesor de las distintas capas.
- Nivel freático.
- Agresividad de agua y terreno.
- Informe geotécnico

Por otra parte el nivel del estudio geotécnico (reducido, normal o intenso) se basará en una clasificación del tipo de edificio basada en el número de plantas (E1: 3 plantas máximo, E2: entre 4 y 10, E3: entre 11 y 20, y E4: más de 20 plantas). Para E1 el estudio sería reducido, para E2 normal y para E3 y E4 intenso.

El informe geotécnico, deberá contener los siguientes documentos y temas:

- Plano de situación general
- Planta del solar
- Localización en planta de los reconocimientos, muestras y ensayos realizados
- Enmarcar el solar en la geología general, definir características litológicas, estructurales, geomorfológicas y sismotectónicas
- Niveles freáticos y sus oscilaciones
- Perfiles estratigráficos con las composiciones de los estratos más significativos, y corte geológico
- Para cada estrato de terreno se definirán los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo del cimiento y la estructura
- Recomendaciones sobre alternativas de cimientos
- Posibles soluciones en terrenos expansivos
- Indicaciones para el proyecto y ejecución del cimiento y la estructura
- Posibles problemas relacionados con los edificios del entorno
- Facilidad de excavación del terreno
- Anejos: corte estratigráfico, ensayos penetrométricos, fotografías...

Hay 2 grandes grupos para clasificar los tipos de ensayos que sirven para determinar las características del terreno, "in situ" y de laboratorio. En el primer grupo tendremos: métodos geofísicos, directos, sondeos, presiómetros, "Rheotest", escisómetros, penetrómetros y ensayos de carga. El segundo grupo servirá para la determinación de propiedades.

La elección del tipo de ensayo vendrá determinada por los datos que se desean obtener, la naturaleza del terreno, el tipo de edificio y el coste económico.

Una vez recogida la información previa, se pasa a programar el trabajo de campo. Sin entrar en detalle, la programación se realiza de acuerdo con las normativas tecnológicas vigentes del momento. En función del tipo de edificio a construir, la normativa establece el número de puntos a reconocer, profundidad a alcanzar y su distribución en el solar que posteriormente se trasladará al plano topográfico.

Los trabajos de campo son, calicatas, penetraciones, sondeos y ensayos de campo complementarios.

La calicata es un pozo, excavado manualmente o a máquina, de diámetro o dimensión mínima de 75 cm y profundidad máxima recomendada de 10 m. Por razones de seguridad ha de entibarse y protegerse contra la inundación, aunque permitiendo la observación directa de la estratigrafía, la realización de ensayos in situ y la toma de muestras. Generalmente se hace uso de ellas en estudios superficiales o de comprobación. La información obtenida y las operaciones realizadas, conjuntamente con la geometría de la sección y las cotas de origen y fondo, constituyen las anotaciones de campo. Posteriormente se rellenan y apisonan por tongadas a fin de devolver el terreno la compacidad inicial.

Las penetraciones consisten en la introducción en el terreno (manualmente a presión, o dinámica mediante golpes) de un tubo metálico rematado por un bulbo llamado penetrómetro (Figura 2.10).



Figura 2.10. Penetrómetro para estudio geotécnico (Proetisa 1985)

Permiten determinar la resistencia y el rozamiento lateral a la penetración hasta un máximo de 20 m. Sin embargo las profundidades recomendadas son de 10 a 15 m para los manuales y de 15 a 20 m para los dinámicos. Las penetraciones están indicadas. Están indicadas respectivamente en terrenos blandos y coherentes, y en los terrenos arenosos. Además de los datos del instrumento, en cada una de las penetraciones debe anotarse: la situación, las cotas iniciales y de fondo, las horas de principio y fin, las velocidades de hinca y las lecturas de resistencia y rozamiento de cada 25 cm. En los dinámicos ha de indicarse también el número de golpes de maza necesarios en las penetraciones parciales y el uso (en su caso) de entibación.

Los sondeos son perforaciones realizadas en el terreno (de forma manual o mecánica) a fin de extraer muestras alteradas o inalteradas del mismo. Además del conocimiento real y de la estratigrafía, los orificios permiten la realización de ensayos "in situ" y la determinación del nivel freático. El diámetro mínimo suele ser de 75 mm, y las profundidades a alcanzar de 10 m en los sondeos manuales e ilimitados en los mecánicos. Además de los datos del equipo y de la corona sacamuestras, de cada una de las tomas se ha de anotar: la situación, las cotas y horas del inicio y fin de la perforación y de los ensayos in situ, los niveles freáticos, las variaciones del terreno y la resistencia del mismo a esos niveles (figura 2.11).



Figura 2.11. Muestra de terreno extraída mediante sondeo (IHCM Public Cmaps 2015)

El ensayo de placa de carga consiste en la puesta sobre el terreno de una placa que, sometida a diferentes cargas, permite conocer la resistencia superficial de aquel y sus deformaciones correspondientes. Aunque es un ensayo costoso por la necesidad de excavar (y a veces de entibar), así como por la aplicación de la carga y su reacción, son prácticos; especialmente cuando existe dificultad en la toma de muestras como en el caso de los suelos poco cohesivos.

Además de los ensayos in situ, las muestras extraídas se ensayan en laboratorio para identificar el suelo así como para determinar sus características físicas, químicas y mecánicas. Los ensayos de laboratorio son: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, determinación de la densidad, determinación de la porosidad y del índice de poros, contenido en humedad, ensayos químicos, ensayo edométrico, de compacidad, de hinchamiento Lambe y el de compresión simple.

2.1.5. Cimientos superficiales

En cuanto a los cimientos, los podemos clasificar como superficiales y profundos.

Los cimientos superficiales son los más empleados por el menor coste y facilidad de ejecución. La profundidad vendrá determinada por la naturaleza del terreno y la cota del nivel freático. En general se podrán realizar cimentaciones superficiales cuando a profundidades no mayores de 4 metros, se encuentra un estrato de terreno con capacidad portante suficiente. En ocasiones podemos llegar hasta 6 metros (siempre que la naturaleza del terreno lo permita). Otro factor a tener en

cuenta será la presencia de agua. Ésta puede hacer inviable este tipo de cimiento y además conlleva un incremento del coste por la excavación y transporte de tierras anegadas. El terreno y el cimiento deben ser capaces de absorber las tensiones que les transmite la estructura, sin superar su carga límite admisible ni los asentamientos admisibles del edificio, garantizando la seguridad frente a rotura o hundimiento. El cimiento superficial es aquel en el que los esfuerzos verticales, horizontales y momentos son transmitidos al terreno en su totalidad a través de la superficie de contacto de la base del cimiento.

La clasificación de cimientos superficiales se puede observar en la tabla 2.9.

ZANJA	Sin viga de enlace o arriostramiento		
	Con viga de enlace o arriostramiento		
POZO	Aislado		
	Con arco		
	Con viga de carga		
	Acampanado		
ZAPATA	Aislada	Interior	Sin viga de enlace Con viga de enlace
		De borde	Sin viga de enlace Con viga de enlace Con viga centradora
		De ángulo	Sin viga de enlace Con viga de enlace Con viga centradora
	Combinada	Interior De medianera De ángulo	
	Continua		Bajo muro
VIGA	Rectangular	Borde	Unidireccional Bidireccional
		Central	Unidireccional Bidireccional
	En T	Borde	Unidireccional Bidireccional
		Central	Unidireccional Bidireccional
LOSA	Maciza		Canto constante, uniforme Ábacos resaltados superiores Ábacos resaltados inferiores
	Nervada		Superior unidireccional Inferior unidireccional Superior bidireccional Inferior bidireccional
	Aligerada		Con ábacos sin

			resaltos Con ábacos resaltados De cajón
--	--	--	-----------------------------------------------

Tabla 2.9. Clasificación de cimientos superficiales (García-Valcarce *et al.* 2003)

En primer lugar tenemos las “zanjas”, que es el más elemental de los cimientos y además sirve de apoyo en varias ocasiones. No se deben utilizar en terrenos expansivos, excepto si se toman las medidas y precauciones oportunas. En estos casos el riesgo de asientos diferenciales y grietas es considerable. Como norma general, y por razones de seguridad, el ancho mínimo de la zanja aumenta con la profundidad.

Las vigas de enlace se suelen colocar apoyadas en las zanjas. Se suele elegir el ancho de las vigas de enlace en función de la fábrica que soportan (figura 2.12).



Figura 2.12. Zanjas y vigas de enlace entre zapatas (Obras online 2009)

El cimiento por “pozos” se emplea para cargas puntuales, como las transmitidas por pilares. Con vigas o arcos se utiliza en construcciones con muros portantes o de cerramiento. La viga de enlace es aquella que une los pozos y tiene por misión absorber horizontales de viento o sismo y los originados por acciones verticales, mientras que el arco, a pesar de que también une los pozos, únicamente absorbe esfuerzos originados por las acciones verticales. No es aconsejable, por tanto, utilizar pozos con arcos en zonas con previsible acción sísmica. La tipología de los pozos varía en función de su geometría. Como caso particular de “pozo acampanado” (ensanchado en su parte inferior) tenemos el “zapilote”. Otro tipo de pozo es el “macizo de cimiento” (cuando la altura es superior al doble del área dividida por el perímetro).

En cuanto a las “zapatas” tenemos en primer lugar las zapatas aisladas. Son aquellas que transmiten al terreno los esfuerzos que recibe de forma independiente. Éstas pueden ser, en función de su ubicación dentro de un edificio, interiores (excentricidades en el núcleo), de borde (carga excéntrica) o de ángulo (doble excentricidad). En cualquiera de los 3 casos podrán estar o no arriostradas mediante vigas de atado, en función de la sismicidad de la zona. Por su forma pueden clasificarse en circulares, cuadradas, rectangulares o poligonales. Por su rigidez en rígidas y flexibles. Hay otras clasificaciones por el sólido que las constituye o por los materiales empleados.

Las zapatas combinadas son el resultado de unir dos zapatas aisladas que transmiten conjuntamente al terreno los esfuerzos a que están sometidas. Es conveniente su uso:

- Cuando la distancia entre sus caras más próximas es muy pequeña
- En zapatas de medianería sobre las que hay una gran excentricidad y para centrar cargas.
- Cuando existan momentos en la base del pilar que no pueden ser absorbidos por una de las zapatas.

Las zapatas combinadas se pueden clasificar por su forma en planta en rectangulares y trapezoidales, por los elementos que las componen en sencillas o con viga centradora y por su forma en zapatas combinadas de sección constante o con sección en T invertida.

El siguiente grupo de cimentaciones superficiales es el de "losas". Se trata de elementos constructivos estructurales bidireccionales que deben cumplir que la luz mínima sea mayor que 4 veces su espesor medio. Pueden ser macizas, nervadas, aligeradas y alveolares. La losa transmite al terreno los esfuerzos de 2 o más líneas de pórticos.

Este sistema tiene aplicación cuando:

- La superficie necesaria para el cimiento supera el 70% de la superficie disponible para cimentar.
- Cuando la resistencia del terreno es excesivamente pequeña.
- Cuando existen sub-presiones.
- El coste es menor, es más rápido y fácil que el sistema por zapatas cuando la superficie que ocuparían estas es del 60% o más de la superficie del edificio.
- Para reducir asentamientos diferenciales.
- En cimientos compensados.

Los tipos de losas son:

- Maciza armada y de espesor constante. Cuando la separación entre soportes no excede los 7 m, la resistencia del terreno es pequeña y las cargas no muy elevadas.
- Con capiteles superiores o inferiores. Cuando se necesita un mayor canto para absorber esfuerzos cortantes y punzonamientos.
- Nervada con nervios superiores o inferiores. Cuando las luces de los pórticos son muy diferentes entre sí.
- Binervada con nervios superiores o inferiores. Con luces grandes en ambas direcciones y cuando la resistencia del terreno es elevada.
- Aligerada con ábacos y capitel superior o inferior. No son muy empleadas.
- Cajón y celular. Cuando existen grandes cargas en los soportes. Apenas se utilizan.
- De canto variable. Suelen emplearse en cimientos compensados.

El tipo de losa más utilizado, por su facilidad de construcción, es el de canto constante.

Los puntos importantes a considerar en el diseño de una losa de cimentación son:

- Juntas cada 30 m.
- Planta regular (en la medida de lo posible)
- Evitar entrantes y ángulos agudos.
- No gran diferencia entre luces de soportes. Las cargas tampoco podrán variar más del 50% de unos a otros.
- Si hay zonas con cargas muy desiguales, se deben separar mediante juntas.
- 10 cm de hormigón de limpieza o 15-30 cm de subbase.
- Recubrimiento mínimo de 5 cm.
- Hormigonado sin interrupción. En el caso de ser necesarias se dispondrán juntas de hormigonado que sólo afectaran a la capa superior de hormigón, no a las armaduras, que deberán ser continuas en la junta.
- En losas de canto $>1,50$ m se ha de controlar el calor de hidratación del cemento porque puede dar lugar a fisuración y abombamiento.
- En losas de cimiento con superficie de apoyo poco profundo $< 1,50$ m es recomendable rematar el borde con una viga perimetral de canto igual a 2 veces el de la losa

La Norma Tecnológica "Cimentaciones Superficiales, Losas", NTE CSL (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 1984), aunque no es de obligado cumplimiento, plantea la utilización de losas en las siguientes situaciones:

- Terrenos de mediana a baja calidad
- Edificios de viviendas o similares
- Máximo de plantas 10
- Estructura reticular ortogonal y con aproximada simetría geométrica y mecánica
- Separación entre soportes 4,5 – 6 m
- Excluidos edificios situados en zona sísmica >7
- Excluidos edificios expuestos a la acción del viento
- Soportes igual o mayor a 3 en ambas direcciones
- Nivel freático a profundidad no menor de 2 m bajo la losa
- La losa ha de volar como mínimo 1 m
- Profundidad máxima de vaciado 7 m
- Profundidad mínima 1,4 m para 1 ó 2 plantas y hasta 6 m para 10 plantas

2.1.6. Cimientos profundos

A diferencia de los cimientos superficiales, los cimientos profundos son aquellos en los que las cargas se transmiten al terreno a través de un estrato de gran espesor o profundo que las resiste en su totalidad.

Los tipos de cimientos profundos más habituales son: pilotes, micropilotes y muros pantalla. A la vez, estos elementos se emplean en estructuras y sistemas de contención, sobre todo los muros pantalla y los micropilotes. Se realizan aclaraciones al respecto en el apartado 2.1.7. Contención.

Se puede definir un “pilote” como un elemento estructural de gran longitud, pequeña sección relativa, y esbeltez ilimitada, ejecutado a través del terreno, al que transfiere los esfuerzos que actúan sobre él mediante la interacción fuste-terreno, punta-terreno o ambos. Se trata de todo elemento lineal de cimiento cuya longitud es igual o superior a ocho veces la dimensión menor de su sección (Figura 2.13).

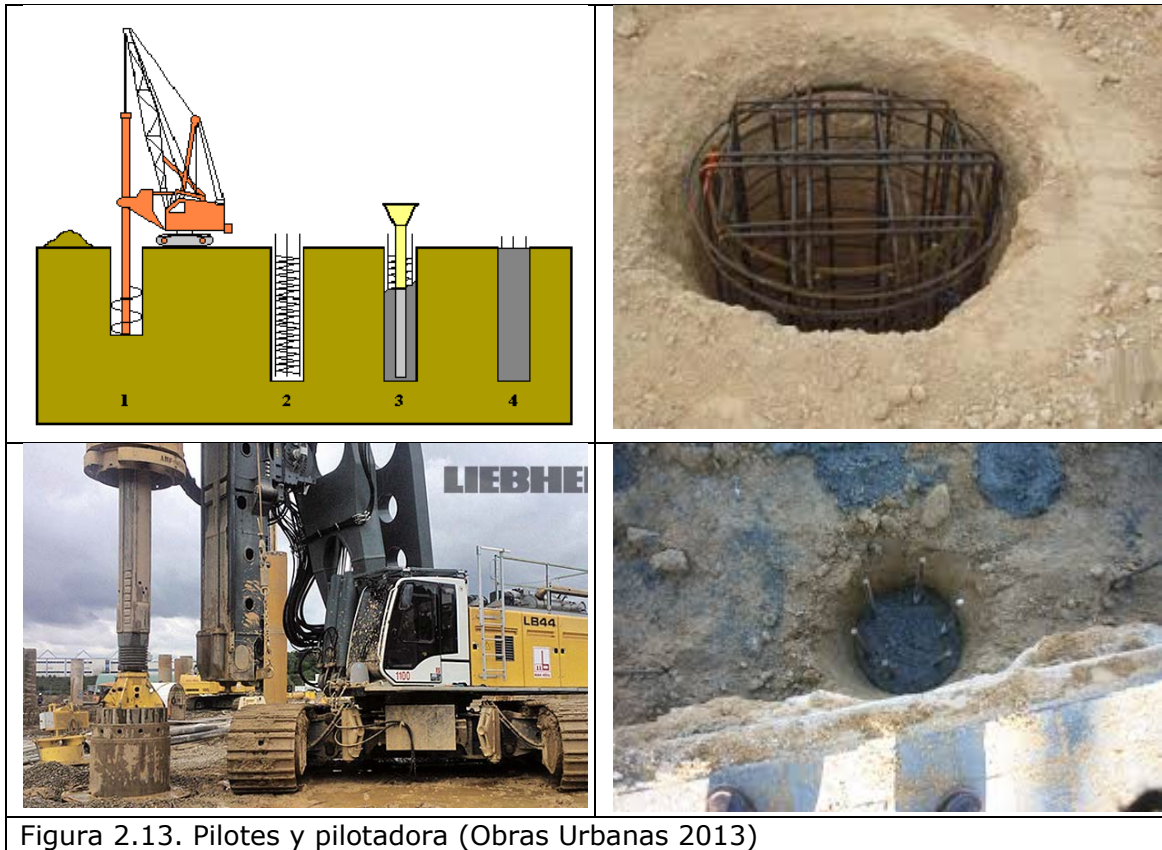


Figura 2.13. Pilotes y pilotadora (Obras Urbanas 2013)

Los primeros pilotes empleados fueron de madera, que además aun hoy se siguen utilizando. Tienen una elevada durabilidad enterrados y bajo el nivel freático, pero pueden resultar dañados por la acción de hongos, insectos y moluscos.

¿Cuándo se debe utilizar este tipo de cimiento? Algunos de los casos más habituales son:

- Cuando el estrato de terreno situado bajo la construcción no tiene capacidad portante suficiente o cuando los asentos previsibles son excesivos.
- Cuando hay una gran permeabilidad del terreno, niveles freáticos altos, entibaciones costosas y un plazo de ejecución acotado que limitan la utilización de cimientos superficiales.
- Cuando existe una capa con capacidad portante pequeña a poca profundidad sería necesario un cimiento superficial de grandes dimensiones que puede ser substituido por pilotes.
- En arcillas expansivas por la variación en la humedad del terreno.
- En edificios altos con pocos soportes o con fuertes cargas concentradas.
- Si los pilotes han de alcanzar longitudes $>$ a 25 m o son edificios con poca carga, se tienen que estudiar alternativas como la mejora del terreno.

Los “pilotes” son la solución más adecuada:

- En la transmisión de cargas bajo el agua, fangos o terrenos blandos hasta la capa capaz de resistir los esfuerzos que el pilote transmite por punta o a través del fuste y la punta.
- En la transmisión de cargas a un estrato de gran espesor de un terreno de poca capacidad portante por rozamiento lateral a lo largo del fuste del pilote flotante.
- Cuando incrementa la capacidad portante de terrenos sueltos, pulverulentos, al aumentar su compacidad.
- Para referir el cimientto a una profundidad superior a la de socavones o oquedades y para garantizar el funcionamiento ante erosiones.
- Trabajando a tracción, para anclar elementos sometidos a sub-presiones altas (losas) o a momentos de vuelco.
- Los pilotes de protección se usan para proteger construcciones marinas del choque de navíos o elementos flotantes.
- Se utilizan inclinados para soportar grandes esfuerzos horizontales o inclinados
- Para la construcción de pantallas que facilitan las excavaciones profundas.
- Los pilotes son adecuados en terrenos de arcillas expansivas, teniendo en cuenta los esfuerzos por rozamiento negativo.

Atendiendo al material que los constituye, pueden diferenciarse los siguientes tipos de “pilotes”:

- De madera

De eucalipto o pino, su diámetro varía entre 8-15 cm y su longitud siempre es < 6m. Se usaban a menudo antiguamente, ahora no es tan frecuente su utilización. Pueden utilizarse para mejorar el terreno, clavándolos muy próximos entre sí y para construcciones permanentes sumergidos o bajo el nivel freático.

- Metálicos

- ✓ De perfil H

De acero laminado. Las cabezas y el fuste tienen el mismo espesor. La cabeza se remata con un macizo de hormigón. Se colocan por golpeo o vibración. Hay que tener en cuenta el riesgo a la corrosión.

- ✓ Tubulares

Están formados por tubos estirados en frío sin soldadura o soldados. Resisten muy bien a flexión. Se pueden hincar con la punta abierta o cerrada. Tienen un diámetro mínimo de 25 cm.

- ✓ Tablestaca

Son tubulares con forma de cajón. Se pueden rellenar total o parcialmente.

- ✓ De fundición

Actualmente no se utilizan, son más resistentes a la corrosión, pero más frágiles.

- Mixtos

Son combinaciones de elementos metálicos, de madera y de hormigón. Los tipos son:

- ✓ Madera-hormigón
La madera bajo la capa freática y el hormigón en la parte superior. Tienen mayor durabilidad que los de madera.
 - ✓ Madera-metal
Metálicos en la punta para facilitar la hinca y un aro en la parte superior que protege la cabeza.
 - ✓ Acero-hormigón
Tubulares rellenos de hormigón. En ocasiones se introducen armaduras para aumentar la capacidad resistente.
- De hormigón armado
 - ✓ Prefabricados
Se hincan mediante golpeo.
 - ✓ In situ con desplazamiento
Se introduce una tubería y se rellena con hormigón armado. La tubería puede ser recuperable o perdida. Se produce desplazamiento de terreno.
 - ✓ In situ con extracción
Se produce el vaciado del terreno que ocupará el pilote sin que exista desplazamiento del mismo. La extracción del terreno se puede realizar:
 - Sin entubación ni lodos (con barrena, continua o discontinua).
 - Con entubación perdida o recuperable (usando cucharas y trépanos).
 - Sin entubación (utilizando lodos bentoníticos).
 - ✓ Micropilotes
Son pilotes de pequeña sección con diámetros entre 75 y 290 mm. Pueden ser con o sin entubación (Figura 2.14).



Figura 2.14. Micropilotadora ejecutando micropilotes (Micros 2002)

2.1.7. Contención

El carácter fundamental de los muros es el de servir de elemento de contención de un terreno que en unas ocasiones es un terreno natural y en otra un relleno artificial.

El cuerpo del muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión vertical debida a su peso propio es generalmente despreciable.

Sin embargo, en ocasiones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales al terreno, desempeñando también una función de cimiento. La carga vertical puede venir de una cubierta situada sensiblemente a nivel del terreno o puede ser producida también por uno o varios forjados apoyados sobre el muro y por pilares que apoyan en su coronación transmitiéndole las cargas de las plantas superiores.

Las formas de funcionamiento del muro de contención y del de sótano, son considerablemente diferentes. En el primer caso el muro se comporta como un voladizo empotrado en el cimiento, mientras que en el segundo el muro se apoya o ancla en los forjados, y a nivel de cimentación el rozamiento entre cimiento y suelo hace que sea innecesaria casi siempre la disposición de ningún otro apoyo. El cuerpo del muro funciona en este segundo caso como una losa de uno o varios vanos y a ese funcionamiento se superpone con frecuencia el de la pieza como viga de cimentación de gran canto.

Tomando el caso más común de muro, se emplearán las designaciones que se indican en la figura 2.15.

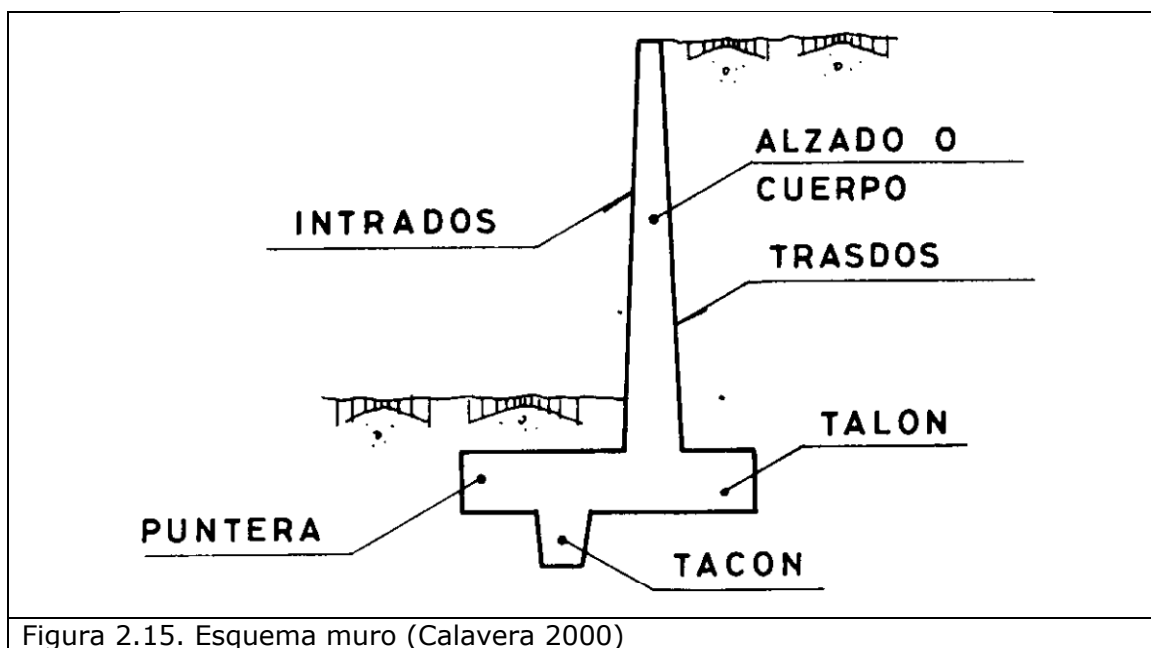


Figura 2.15. Esquema muro (Calavera 2000)

Los tipos generales de muros de contención son los siguientes:

- Muros de gravedad: son muros de hormigón en masa en los que la resistencia se consigue por su propio peso. Normalmente carecen de cimientado diferenciado. Su ventaja fundamental es que no van armados, con lo cual no aparece en la obra el tajo del ferralla. Pueden ser interesantes para alturas moderadas y aún así, solo si su longitud no es muy grande.
- Muros ménsula: son los de empleo más corriente y aunque su campo de aplicación depende, lógicamente, de los costes relativos de excavación, hormigón, acero, encofrados y relleno, puede en primera aproximación pensarse que constituyen la solución más económica hasta alturas de 10-12 m.
- Muros de contrafuertes: constituyen una solución evolucionada de la anterior en la que al crecer la altura y por lo tanto los espesores de hormigón compensa el aligerar las piezas. Esto conduce a encofrados y ferralla más complicados y a un hormigonado más difícil y por lo tanto más costoso, al manejarse espesores más reducidos. Sin embargo a partir de 10-12 m de altura es una solución que debe tenerse en cuenta. Pueden tener los contrafuertes en el trasdós o en el intradós.
- Muros de bandejas: su concepto es muy diferente del que origina el muro de contrafuertes. Aquí no se trata de resistir el mismo momento flector, aumentando el canto y aligerando la sección, sino de reducir los momentos flectores debidos al relleno mediante los producidos por el propio relleno sobre las bandejas.
- Muros criba: el concepto de muro criba de piezas prefabricadas tiene su origen en muros análogos realizados antiguamente con trocos de arboles. El sistema emplea piezas prefabricadas de hormigón de muy diversos tipos que forman una red espacial que se rellena con el propio suelo.

Los tipos generales de muros de sótano:

El tipo más elemental recibe como única carga vertical, aparte de su propio peso, la reacción del apoyo del forjado de techo.

Dentro de la tipología general, el caso más frecuente es que sobre el muro apoyen pilares que transmitan cargas de las plantas superiores y que existan además varios sótanos (cabe decir que este caso es precisamente el más frecuente en esta tesis para los casos de edificios nuevos), sus partes más comunes se describen en figura 2.15. Partes de un muro de contención.

Dependiendo de que el terreno contenido sea o no de propiedad ajena y de la relación entre empujes y cargas verticales, el cimientado va o no centrado respecto al muro. En esta tesis los edificios son entre medianeras, y por tanto el cimientado no puede ir centrado al muro, todo lo contrario, irá totalmente desplazado hacia el interior del solar ocupado por el edificio a construir.

La ejecución de este tipo de muros puede ser con encofrados corridos, por bataches o mediante muros pantalla.

Es en este tipo de muros donde se va a centrar este estudio, por eso solo se define y se da una breve explicación sobre los muros de contención no de sótano.

2.1.7.1. Conceptos generales

La presión del terreno sobre un muro está fuertemente condicionada por la deformabilidad del muro, entendiendo por tal no solo la deformación que el muro experimenta como pieza de hormigón, sino también la que en el muro produce la deformación del terreno de cimentación.

Si el muro y el terreno sobre el que se cimenta son tales que las deformaciones son prácticamente nulas, se está en el caso de empuje en reposo. Algunos muros de gravedad y de sótano pueden encontrarse en este caso.

Si el muro se desplaza permitiendo la expansión lateral del suelo, se produce un fallo por corte del suelo y la cuña de rotura avanza hacia el muro y desciende. El empuje se reduce desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado empuje activo que es valor mínimo de empuje.

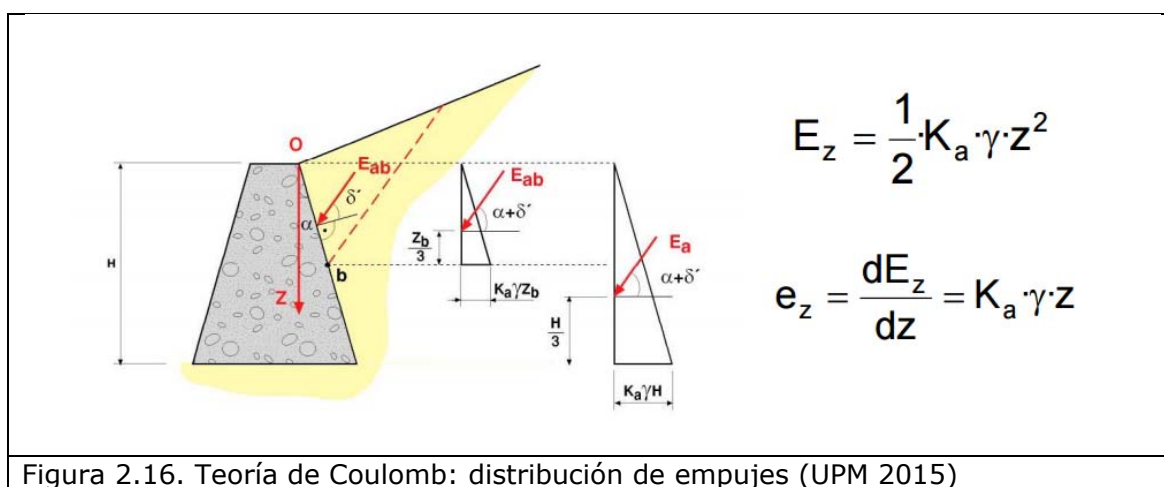
Por el contrario, si se aplican fuerzas al muro de forma que este empuje al relleno, el fallo se produce mediante una cuña mucho más amplia, que experimenta un ascenso. Este valor recibe el nombre de empuje pasivo y es el mayor valor que puede alcanzar el empuje. El empuje al reposo es por tanto de valor intermedio entre el empuje activo y el pasivo.

Se puede calcular los empujes del terreno con razonable precisión en caso de suelos granulares, para otros tipos de suelos la el resultado no es tan satisfactorio.

Entre los métodos más conocidos para el cálculo del empuje del terreno se encuentran la teoría de Coulomb y la de Rankine (Calavera 2000), (Lambe 2002).

- Teoría de Coulomb

La distribución de presiones varía linealmente con la profundidad, con valor nulo en coronación. A la vez, los coeficientes que aparecen en su ecuación, están tabulados para los diferentes valores de ángulos de rozamiento interno (Calavera 2000, Lambe 2002). Figura 2.16.



- Teoría de Rankine

Su cálculo es parecido al utilizado en la Teoría de Coulomb y en particular ambas teorías coinciden para trasdós vertical y superficie de relleno horizontal si el ángulo de rozamiento del terreno con el muro = 0.

Para confirmar cuáles son las variables o atributos de mayor importancia que participan en el cálculo del empuje que ejerce el terreno sobre un muro de contención, se ha de tener en cuenta lo siguiente (Alonso 2013):

- 1) El Empuje activo en un terreno cohesivo y seco en una situación de equilibrio límite, es la suma de 2 términos: el empuje que ejerce el terreno sobre el muro menos el efecto de la cohesión presente en el mismo (Ecuación 2.1). Es decir el término de cohesión disminuye el empuje activo.

$E_a = \left(\frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \right) - \left(2CH \sqrt{\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \right)$
<p><i>E_a : Empuje activo horizontal</i> <i>H: Altura del muro y terreno</i> <i>γ: Peso específico del suelo</i> <i>K_a: Coeficiente de presión activa</i> <i>φ: Angulo de fricción a la resistencia máxima</i> <i>C: Cohesión</i></p>
<p>Ecuación 2.1. Empuje activo de un suelo cohesivo (Lambe 2002)</p>

- 2) La cohesión de un terreno arcilloso disminuye a medida que aumenta su humedad e incluso llega a desaparecer el término cohesión y aparecer un segundo término en la ecuación, que es el empuje de Arquímedes debido a la presencia de agua en el terreno soportado (Ecuación 2.2).

$E_a = \left(\frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \right)$
<p><i>E_a : Empuje activo horizontal</i> <i>H: Altura del muro y terreno</i> <i>γ: Peso específico del suelo</i> <i>γ_w: Peso específico del agua</i> <i>h_w: Altura del agua</i> <i>K_a: Coeficiente de presión activa</i></p>
<p>Ecuación 2.2. Empuje activo del terreno sin cohesión y con empuje de agua (Lambe 2002)</p>

- 3) Existen dos grandes grupos de arcillas:

- Arcilla magra. Tiene un alto grado de impurezas y baja plasticidad. Su límite líquido está por debajo del 50% del límite líquido y su ángulo de fricción está entre 20° y 35° .
- Arcilla grasa. Tiene un bajo grado de impurezas y alta plasticidad. Su límite líquido está por encima del 50% del límite líquido y su ángulo de fricción se encuentra entre 20° y 25° para valores de pico y entre 10° y 15° para valores residuales.

2.1.7.2. Muros de sótano

Los muros de sótano presentan diferencias considerables con los muros de contención. La figura 2.17, indica un muro de sótano que simultáneamente puede estar recibiendo cargas verticales, generalmente transmitidas por pilares de la estructura y frecuentemente por algún forjado, y cargas horizontales producidas por el empuje de las tierras. A parte de esta diferencia, existe otra fundamental y es que el muro no trabaja como una ménsula, sino que se enlaza al forjado de planta baja y funciona al mismo tiempo como una viga de cimentación (Figura 2.17).

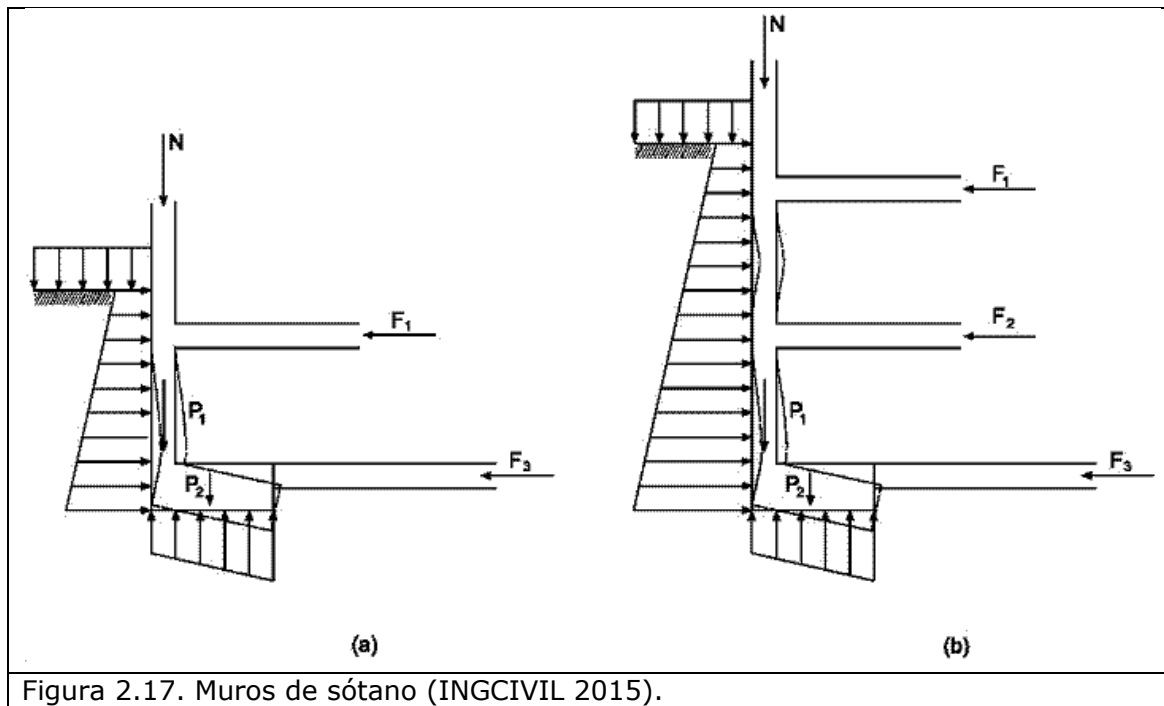


Figura 2.17. Muros de sótano (INGCIVIL 2015).

Al estar impedido el corrimiento del muro en coronación y cimiento, su deformación es muy reducida, es un caso de empuje al reposo.

Se puede apreciar el método de cálculo del empuje para varios casos en (Calavera 2000) y (Lambe 2002), esto es, para un muro encofrado a dos caras, muro encofrado a una cara con dos plantas subterráneas, etc.

Como observaciones generales, cabe destacar:

- Si el pilar sobresale del muro, entonces la armadura debe bajar con el pilar y anclarse al muro.
- Si la resistencia del hormigón del pilar es superior a la del muro, debe comprobarse la presión de contacto.
- Si los pilares transmiten al muro cargas axiales y además momentos, se deberá tener en cuenta, a efectos de cálculo, esta nueva situación.
- El enlace del forjado al muro debe dimensionarse para el esfuerzo de tracción resultante del cálculo.
- Normalmente, la fuerza horizontal transmitida por el muro al forjado no requiere precauciones especiales, pero debe atenderse a lo siguiente:
 - Dicha fuerza debe ser resistida por pilares, pantallas, etc. Solidarios con la zona de forjado interesada (atención a posibles juntas de dilatación). La rigidez del conjunto debe ser claramente superior a la del muro.
 - Si la fuerza es de tracción, la armadura necesaria para resistirla debe prolongarse en el forjado o en las vigas, hasta que la fuerza transmitida esté debidamente anclada.
 - Si al muro acometen vigas y el forjado es unidireccional y paralelo al muro, no debe suponerse al forjado ninguna resistencia importante en su plano. La mejor solución es materializar en la coronación del muro una viga que resista en dirección horizontal la reacción del muro y la transmita a las vigas. Para pequeñas reacciones, la losa superior del forjado y su armadura pueden resultar suficientes.
 - Normalmente la resistencia por rozamiento en el fondo del cimiento es suficiente para asegurarlo contra el deslizamiento. El llevar la solera de hormigón a tope hasta el muro no es por tanto necesario y en cambio impide, en caso de aumento de temperatura, la libre expansión de la solera, deteriorándola rápidamente. Entre la solera de hormigón y la cara superior del cimiento, deben interponerse 200 mm de subbase granular compactada. De otra forma, es decir, si la solera apoya en la cara superior del cimiento del muro, la solera experimenta el asiento normal general que en cambio se impide sobre la zona del cimiento, fisurándose la solera sobre la arista del cimiento.

2.1.7.2.1. Proceso de ejecución por bataches o damas

Es el proceso constructivo por el que se procede a la excavación del terreno en forma de bataches. La excavación por bataches es un sistema de excavación para la construcción de muros de contención en obras en las que no hay suficiente espacio para ejecutar el muro encofrado a dos caras, por lo que se ejecuta el muro con una cara sobre el terreno y otra encofrada. Para evitar que el terreno se derrumbe al excavar el terreno y dejar el borde vertical sobre el que se ejecutará el muro, primero se procede al vaciado del terreno dejando algo de terreno con el talud natural en los bordes y posteriormente se excava el talud por tramos ejecutándose el muro en cada uno de esos tramos, buscando así el efecto arco en el terreno para evitar el derrumbe (Figuras 2.18, 2.19 y 2.20).



Figura 2.18. Batache 1 (Aparejatas Power 2015)



Figura 2.19. Batache 2 (Daniyusti 2015)

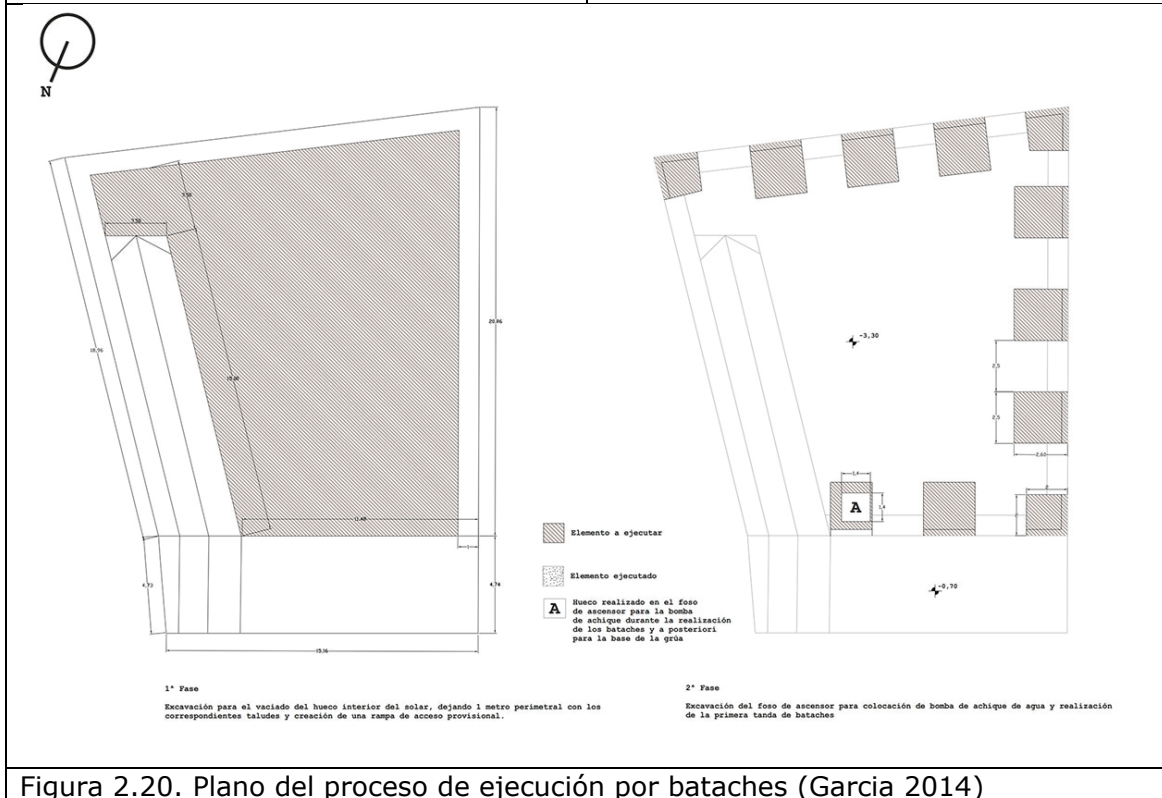


Figura 2.20. Plano del proceso de ejecución por bataches (García 2014)

2.1.7.3. Muros pantalla

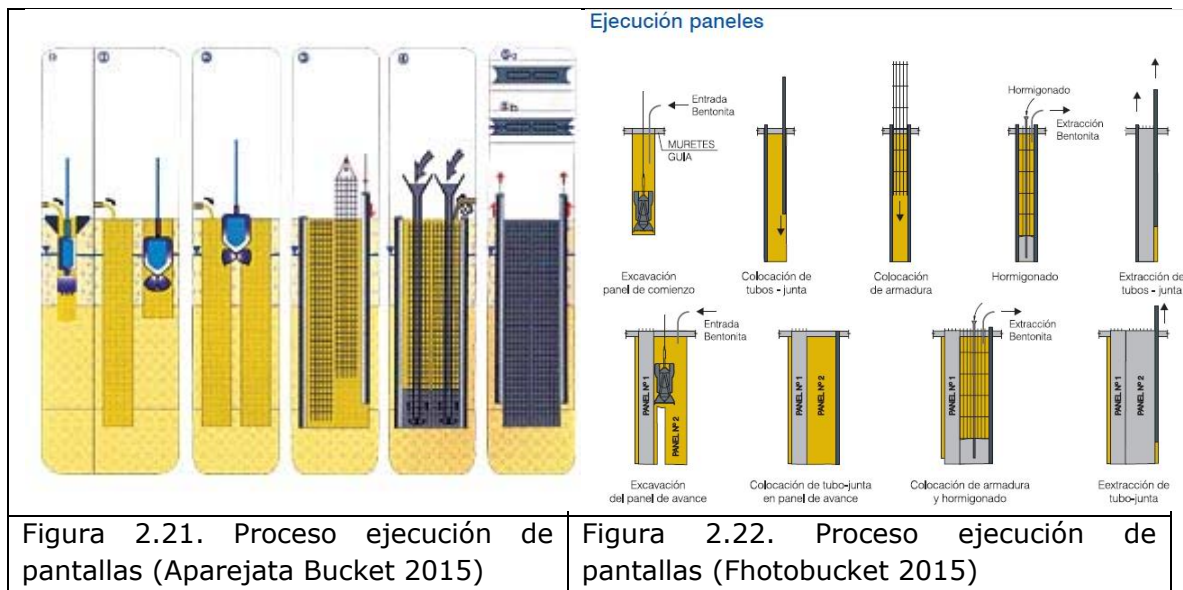
El sistema de muros pantalla consiste, esencialmente, en ejecutar una pared de hormigón, realizándola sin entibación. El equilibrio de la excavación se mantiene bien por si misma o gracias al empleo de lodos bentoníticos que rellenan completamente la excavación. Estos lodos son posteriormente desplazados por el hormigón, que se coloca mediante una teoría adecuada (Calavera 2000).

Este método es excepcionalmente útil y ha permitido el desarrollo de una serie de soluciones y procesos constructivos que no resultarían posibles, o lo serian a muy elevado coste, con los otros tipos de muro.

Por otra parte las pantallas funcionan también como elementos de cimentación, en cierta manera, análogamente a los muros de sótano expuestos anteriormente, aunque como se podrá apreciar, las diferencias son importantes tanto en lo referente a su construcción como a su funcionamiento.

2.1.7.3.1. Proceso de ejecución

A continuación se presenta gráficamente el proceso de ejecución de pantallas (Figuras 2.21 y 2.22).



El proceso comprende las siguientes etapas (Calavera 2000):

- *Construcción de los muretes guía.* Estos muretes suelen ejecutarse en hormigón en masa o mejor en hormigón ligeramente armado y tienen un espesor del orden de 0,25 m y una profundidad aproximada de 0,70 m a 1 m. Su separación es ligeramente superior al ancho teórico de la pantalla. La misión de estos muretes guía es, precisamente, guiar a la máquina correspondiente en la excavación de la pantalla. La necesidad de disponer estos muretes, obliga en los casos en que la pantalla se dispone junto a una construcción existente a retranquearla en una distancia igual al espesor del murete.
- *Excavación.* Se realiza con maquinas especiales llamadas bivalvas, provistas de cuchara y para mantener el equilibrio de las paredes de la excavación se remplace el suelo extraído por lodo bentonítico, que debe mantenerse siempre al nivel de los muretes guía.

La excavación se realiza por paneles, mediante uno de los dos procedimientos, paneles contiguos o alternados.

La longitud de panel suele oscilar de 3 a 5 m. El proceso de ejecución de un panel se indica en las Figuras 2.21 y 2.22.

Cuando el panel ya está completamente excavado y lleno de lodos, se colocan las juntas, que pueden ser de muy diversos tipos, en general extraíbles.

- *Colocación de la armadura.* A continuación se introduce la jaula de armadura (Figuras 2.21 y 2.22) que deberá ir convenientemente rigidizada y usualmente se realiza con barras coarrugadas. La jaula debe proyectarse de forma que mantenga recubrimientos del orden de 70 u 80 mm, dadas las posibles irregularidades de las paredes de la excavación. La separación mínima entre barras verticales debe ser de 100 mm. Entre barras horizontales 150 mm, mejor 200 mm.

Dado que la jaula de armaduras se sumerge en el lodo bentonítico, es esencial el empleo de barras coarrugadas dado que los lodos bentoníticos disminuyen la adherencia del hormigón a la armadura.

Si la pantalla ha de quedar con huecos, las reservas correspondientes pueden materializarse con poliestireno expandido o un material similar inerte.

La tendencia de estos materiales a flotar hace que su fijación a la armadura de la jaula deba ser especialmente cuidadosa.

- *Hormigonado.* Se realiza mediante tubería que debe estar en todo momento introducida de 3 a 5 m en la masa del hormigón para evitar que se produzca el corte de la pantalla por interposición de capas de lodo. A medida que se coloca hormigón en el fondo, el lodo es desplazado hacia arriba y recogido para su recuperación.

Usualmente el hormigón es de alto contenido en cemento pero también la relación agua cemento debe ser alta para poder realizar la colocación con razonable facilidad. Es frecuente utilizar hormigones con tamaño máximo de árido de 30 mm y con descenso de cono de Abrams de 150 a 200 mm, lo que estrictamente, de acuerdo con EHE, rebasa la consistencia fluida. Sin embargo esta técnica especial requiere realmente de esas consistencias y para no aumentar la relación agua cemento es prácticamente obligado el empleo de superfluidificantes.

- *Extracción de juntas.* Si esta operación es necesaria se realiza antes de que el hormigón endurezca mucho.

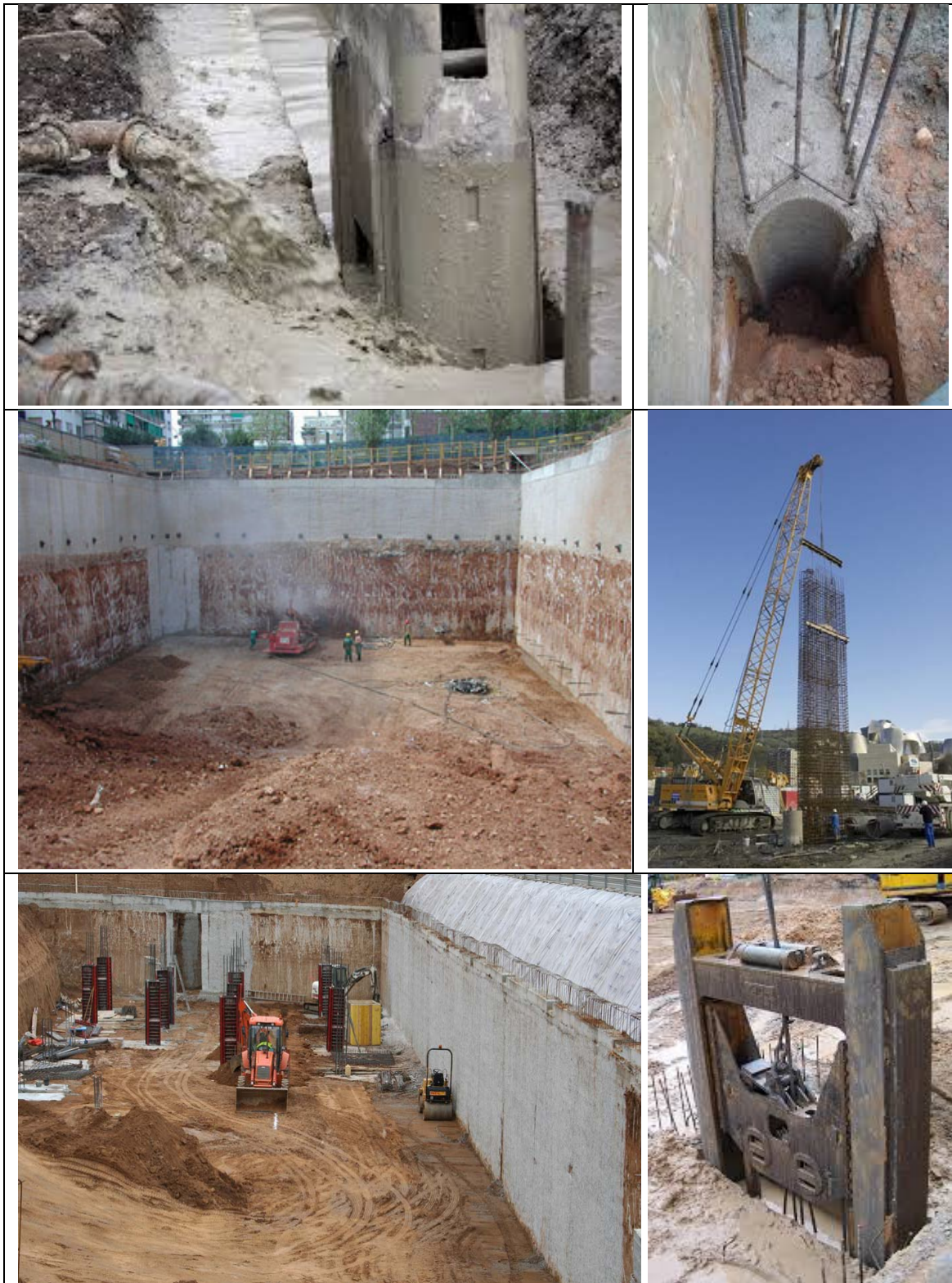


Figura 2.23. Ejecución de pantallas (Construmática 2008)

2.1.7.3.2. Campo de utilización

Un procedimiento muy interesante es el conocido como "Método del metro de Milán" (Calavera 2000) por haberse empleado allí por primera vez. Ahora, se utiliza

este método para la construcción de aparcamientos subterráneos y túneles para metros y trenes. En una primera fase se ejecutan los muros pantalla perimetrales o paralelos a la dirección de la circulación rodada de la vía en superficie; en la segunda fase se excava hasta un nivel intermedio, el nivel de forjado inmediatamente inferior a la cota 0,00 m de superficie y se colocan vigas o placas prefabricadas sobre las cuales se ejecuta inmediatamente el pavimento y se abre la zona al tráfico; en la tercera fase se construyen en túnel las plantas inferiores (Figura 2.24).

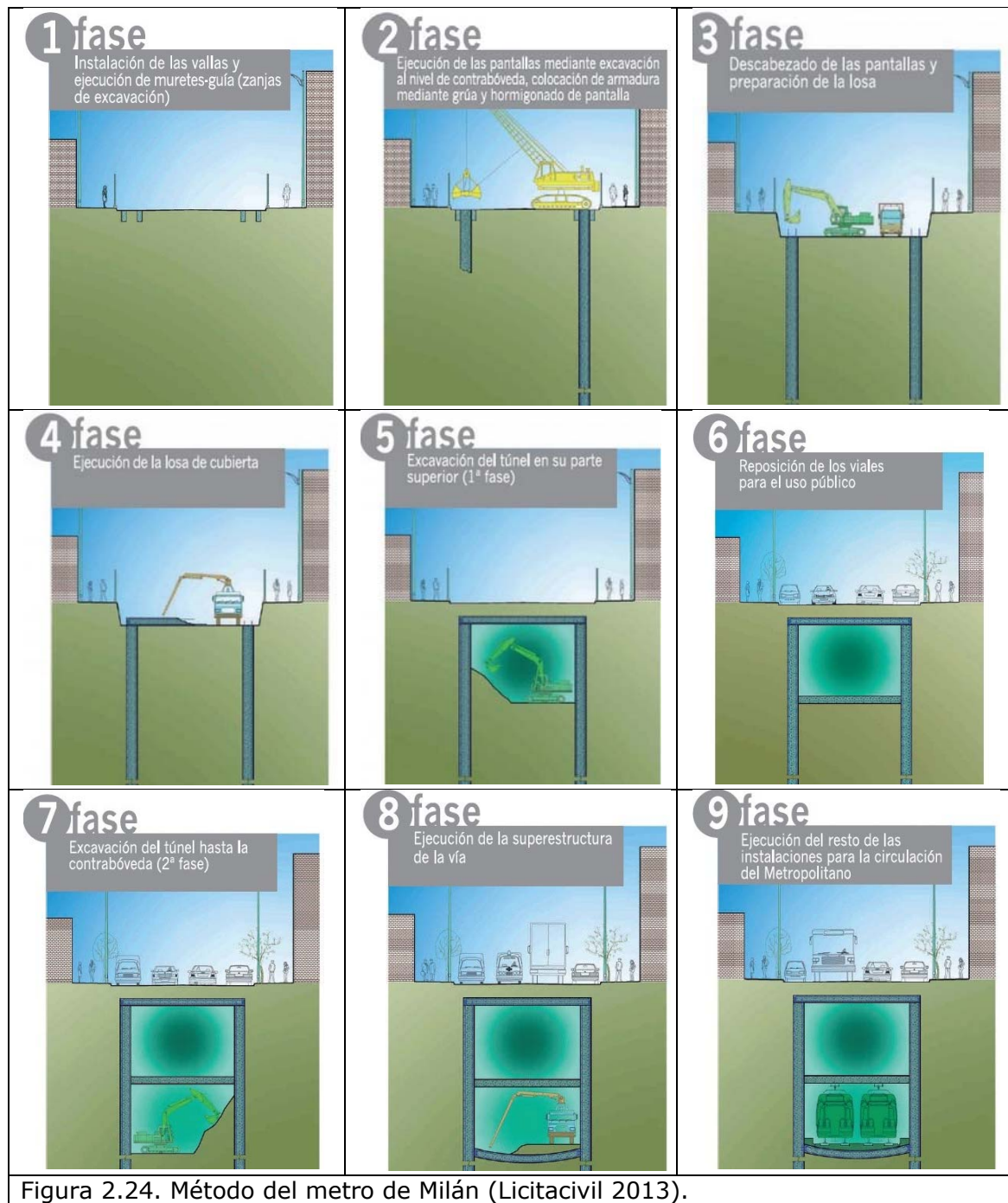


Figura 2.24. Método del metro de Milán (Licitacivil 2013).

2.1.7.4. Pilotes

Los pilotes son usados en contención de cargas inclinadas y horizontales. Se distribuyen uno al lado del otro unidos mediante vigas de atado, la función de las cuales es hacer solidarios los pilotes entre ellos con el fin de conformar una sola estructura.

Habitualmente las pantallas de pilotes se efectúan mediante pilotes perforados, aunque en determinadas ocasiones se ejecuta con pilotes prefabricados hincados.

Si no hay necesidad de que la pantalla sea estanca, los pilotes podrán disponerse con una cierta separación entre ellos, con separaciones entre ejes inferiores al doble del diámetro de los pilotes salvo justificación en contra.

En la estabilidad del terreno entre pilotes separados, se podrá tener en cuenta el efecto arco. La separación entre pilotes se determinará en función de la naturaleza del terreno, de los esfuerzos a resistir y de la capacidad de flexión de los pilotes.

Cuando la excavación haya de permanecer abierta mucho tiempo, y sobre todo, si el terreno es meteorizable y pierde rápidamente sus características resistentes en contacto con el aire, debe protegerse la banda del terreno que queda vista entre pilotes por medio de hormigón proyectado.

Cuando haya que excavar bajo el nivel freático será necesario que los pilotes sean secantes entre si, por lo que la pantalla deberá ejecutarse mediante pilotes perforados o aplicar otras técnicas de tratamiento del terreno entre pilotes (Figura 2.25).



Figura 2.25. Pilotes contiguos formando muro de contención (Archiexpo 2015)

2.1.7.5. Micropilotes

Los micropilotes se pueden definir como pilotes de diámetro pequeño, normalmente ejecutados con perforación a rotación y una tubería de entubación; después se coloca la armadura central que es la que se encargará de soportar los esfuerzos de flexión. Posteriormente se hormigona manteniendo la presión del hormigón en cabeza del micropilote con aire comprimido, mientras se va extrayendo la tubería de entubación (Figura 2.26)

Para el micropilote, al igual que para el pilote, se deberá tener en cuenta la corrosión que pueda sufrir, según Ministerio de Fomento (2005) en la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.

Las armaduras de los micropilotes y el resto de elementos metálicos de los mismos, como por ejemplo los de unión, deberán estar protegidos frente a la corrosión durante su vida útil.

Para micropilotes en ambientes agresivos, se hará uso de:

- Cementos y aceros especiales
- Recubrimientos para armadura, centradores.
- Protección catódica
- Entubación permanente
- Tratamiento superficial
- Posible sobredimensionado



Figura 2.26. Micropilotes contiguos formando muro de contención (Site 2009)

2.1.8. Mejora del terreno

Con el fin de aumentar la capacidad portante de los terrenos se desarrollaron técnicas para la mejora de los mismos. Estas son principalmente:

- **Sustitución y vibrocompactación**

Consiste en la excavación y retirada del terreno original con nula o baja capacidad portante (rellenos, tierra vegetal, arcillas y limos blandos).

Este método de sustitución suele ser viable cuando el espesor de sustitución es moderado (igual o menor a 3 m).

- **Precarga**

Consiste en someter al terreno a una presión aplicada en la superficie antes de colocar la carga estructural, con la finalidad de aumentar la densidad del mismo y su capacidad portante.

Suele realizarse mediante rellenos de tierra o la colocación de tanques de agua sobre la superficie.

Para ejecutar este método se extiende sobre el terreno una carga con un peso que tiene un valor de 1 ó veces el de las cargas que transmitirá al terreno el edificio que se va a construir

- **Drenes de arena**

Se realizan perforaciones verticales de 20 a 40 cm de diámetro y se rellenan de grava. Su profundidad debe ser superior a la del estrato compresible. La perforación se lleva a cabo mediante hincas con helicoides que provocan un desplazamiento lateral del terreno disminuyendo su coeficiente de consolidación y aumentando su resistencia. Las perforaciones se disponen formando una malla de puntos a una distancia de 10 veces el diámetro del dren. La red de puntos se completa con una capa drenante colocada en la superficie que facilita la expulsión del agua que circula por los drenes.

- **Compactación dinámica**

Este método de mejora del terreno se realiza por la aplicación repetida de impactos de gran energía producidos por la caída libre de un peso sobre la superficie del terreno en puntos concretos de una malla diseñada en función del tipo de material y del grado de consolidación que se desee. En los puntos interiores de la malla se continúa con el proceso de compactación con la aplicación de un impacto de energía menor.

Con este tratamiento se produce la disminución del volumen de huecos del terreno, el aumento de densidad y por consiguiente el incremento de la capacidad portante.

- Sustitución dinámica

A partir de la técnica de compactación dinámica, se ha desarrollado recientemente este nuevo método, que consiste en el punzonamiento del terreno con una maza pequeña y pesada que se deja caer desde gran altura. El cráter se rellena con grava y se golpea nuevamente para desplazar el terreno y hacer penetrar la grava

- Vibroflotación y vibrosustitución

Estos métodos consisten en la densificación de terrenos flojos mediante vibración para conseguir aumentar la capacidad portante de las zonas débiles del terreno y reducir los asentamientos producidos por cargas verticales. El vibrador es un elemento que dispone en su interior de unos elementos excéntricos accionados por un motor eléctrico o hidráulico que producen la vibración lateral que se transmite al terreno. El vibrador está rematado por dos aletas diametralmente opuestas cuya misión es la de impedir el giro. Normalmente no sobrepasan los 8m de profundidad de trabajo, aunque actualmente se han alcanzado profundidades de hasta 20m.

Se puede distinguir entre vibroflotación y vibrosustitución. La vibroflotación es de aplicación en suelos de naturaleza granular, en los cuales se compensa la pérdida de volumen mediante la aportación de material externo. Además de aumentar la capacidad portante del terreno aumenta la resistencia del mismo a la licuefacción.

El método de vibrosustitución, o de columnas de grava, es aplicable en terrenos de naturaleza cohesiva, donde es necesaria la aportación de grava para densificar y rigidizar el terreno. De este modo, además de aumentar la capacidad portante del terreno se incrementa su permeabilidad.

- Inyecciones

Los sistemas de inyección consisten en la modificación de las características de un terreno mediante la introducción de materiales diversos a altas presiones dentro del mismo con el objeto de conseguir determinadas mejoras. Con la inyección se consigue reducir la permeabilidad y aumentar la compacidad y por tanto la capacidad portante.

Entre los sistemas de inyección se incluyen los siguientes:

- ✓ Inyección de compactación, se provoca el desplazamiento del terreno, sin que el material inyectado se mezcle con él.
- ✓ Inyección de relleno o impregnación, se rellenan los poros y huecos del terreno y en su caso, de la infraestructura de cimientos deteriorados.
- ✓ Inyección de fracturación, se provoca la ruptura y la posterior mezcla del terreno con la inyección, modificando su estructura. También suele denominarse "jet grouting".

También se suele utilizar la siguiente terminología:

- ✓ Inyecciones convencionales, realizadas con impregnaciones de morteros estables e inestables

- ✓ Inyecciones químicas, realizadas con morteros líquidos de resinas y geles de sílice.

Los métodos para realizar estas inyecciones son, de abajo hacia arriba, mediante tubos con manguito y de arriba abajo. En cualquier caso es importante el control de la inyección, ya que una presión inadecuada podría producir, perdida de inyección, Levantamientos de soleras y giros de elementos estructurales del edificio a recalzar en el caso de construcciones ya realizadas.

- “Jet grouting”

El “Jet grouting” o “inyección a alta presión” es una técnica que consiste en la inyección de lechada de cemento a alta presión que tritura el terreno y se mezcla con el creando columnas de terreno-cemento. Se utiliza en recalce de cimientos, ejecución de cimientos profundos, mejoras de terrenos, impermeabilización, ejecución de pantallas.

Este método presenta dos ventajas claras respecto a los sistemas de vibroflotación y vibrosustitución, una primera es su aplicación no sólo a terrenos granulares sino también a terrenos cohesivos (arcillas y limos) y una segunda es permite la inyección del terreno con el empleo exclusivo de mezclas de cementos sin introducción de aditivos que afecten al medio ambiente.

- Otras técnicas: pilotes de compactación, congelación del terreno, explosivos, terrenos estabilizados...
 - ✓ Pilotes de compactación, se basa en el incremento de la compacidad del terreno mediante la hincada de pilotes de desplazamiento. Los pilotes de desplazamiento suelen ser de arena o grava y se aplican fundamentalmente en terrenos flojos
 - ✓ Congelación del terreno, es una técnica de mejora de terrenos con carácter provisional, encaminado a facilitar la realización de excavaciones y recalces. Se realizan congelaciones de terreno para incrementar temporalmente su capacidad portante o bien para dotarlo de impermeabilidad con el fin de proteger las zonas de excavación de la penetración de aguas freáticas o de cualquier origen.
 - ✓ Explosivos, con la aplicación de este método se consigue una gran uniformidad en la compactación del terreno. Se trata de un procedimiento rápido y económico que no precisa de maquinaria especial. En contrapartida, presenta una serie de inconvenientes entre los que se encuentran, efectos de las explosiones sobre los edificios próximos y cumplimiento de la estricta normativa referente al trabajo con explosivos.
 - ✓ Terrenos estabilizados, se trata de mejoras en el terreno para su utilización en bases y subbases para la construcción de viales, carreteras y edificios. Estabilización in situ con cal, con productos bituminosos, con cemento, con grava.

2.2. Patologías en edificios a causa de terrenos-contención-cimentación

Para conseguir la calidad del edificio, es condición "*sine qua non*" la calidad de la cimentación y para ésta, que el diseño y el cálculo de sus fundaciones sea el adecuado.

Lozano y Lozano (1998) dedican tres temas al conocimiento de los procesos patológicos. Los producidos por el agua, los debidos a errores en el dimensionamiento y los generados por otras causas tales como rellenos, desconocimiento de los suelos, apertura de zanjas, etc.

En ellos cita las conclusiones a las que llega el Ingeniero Louis Logeais en la obra "Patología de las cimentaciones como resultado de una estadística de casi 2000 informes sobre siniestros realizados por el Bureau Securitas, son las siguientes:

- El 32 % de los accidentes tuvieron su origen en el agua
- El 25 % fueron debidos al desconocimiento de los terrenos.
- El 25 % se originaron por la influencia de rellenos.
- El 18 % lo fueron por causas diversas del proceso constructivo. En particular los debidos a defectos de cálculo y de ejecución, ya que los originados por errores de diseño están incluidos en el 25 % del desconocimiento de los suelos.

Otro estudio interesante es el realizado por ASEMAS en el que se analizó la frecuencia de las causas generadoras de siniestros que habían dado lugar a reclamación, tomando como variables el coste y la responsabilidad del arquitecto, se llegó al resultado de la tabla 2.10. Como puede observarse en la tabla 2.10, el "suelo" ocupa el primer lugar en los cuatro casos, en "costo" y "responsabilidad del arquitecto".

Origen de la reclamación	Coste		Responsabilidad del Arquitecto	
	O.V	O.M	O.V	O.M
Suelo	1	1	1	1
Colindantes	3	7	4	7
Accidentes	7	3	7	8
Estructura	2	5	3	3
Ejecución	5	8	5	6
Proyecto	4	2	2	2
Humedades	8	6	8	4
Otros	6	4	6	5
O.V.: obra viva, O.M.: obra muerta.				
Tabla 2.10. Causas generadoras de siniestros (García-Valcarce <i>et al.</i> 2003)				

En otro estudio más reciente realizado por ASEMAS en diciembre de 1997, de 4024 siniestros estudiados 522 fueron debidos a fallos de cimientos. A partir de estos y otros estudios se puede deducir que el fallo por asiento del cimiento ha sido la causa primera de las fisuras que ocupan el primer lugar en manifestaciones. El

mayor costo de reparaciones también está originado por fallos de cimientos. Esto lleva a afirmar que tanto el proyecto como la dirección de obra se tienen que realizar de forma correcta.

2.2.1. Procesos patológicos debidos al agua.

Las causas que originan accidentes por la acción del agua son diversas y se reflejan en la tabla 2.11.

Acciones	Causas
Mecánicas	Acción dinámica del agua en las crecidas de los ríos
	Deslizamiento de los terrenos
	Fluctuaciones de nivel freático
	Sifonamiento
Físicas	Disminución de las tensiones admisibles de los terrenos.
	Heladas
	Subpresiones bajo las soleras
	Empujes hidrostáticos tras los muros
Químicas	Disolución de los terrenos
	Disgregaciones en el hormigón
	Agresiones a los pilotajes
Tabla 2.11. Origen de los accidentes por la acción del agua (Lozano y Lozano 1998)	

Respecto a las causas que figuran en la tabla anterior, corresponde profundizar en alguna de ellas ya que afectan muy directamente a los casos estudiados en esta tesis.

2.2.1.1. De las causas mecánicas

Destacan los deslizamientos de los terrenos, las fluctuaciones de nivel freático y el sifonamiento.

Según Louis Logeais en *Patología de las Cimentaciones*, los cambios en el contenido (cantidad) de agua tienen una influencia despreciable en el comportamiento de terrenos de grano grueso (arenas y gravas); no es lo mismo en suelos de grano muy fino, especialmente en los arcillosos. No se debe olvidar que estos terrenos se componen de partículas minúsculas separadas por huecos capilares. La variación del contenido de agua que puede existir en estos huecos da lugar a varias clases de fenómenos, entre otros la expansión y contracción de arcillas y modificación de las condiciones de resistencia del suelo.

Cuando un suelo arcilloso sin saturar se encuentra en presencia de agua, por ejemplo un terreno al que una capa freática de nivel creciente baña en profundidad, sucede que los capilares de la arcilla absorben el agua que penetra lentamente

entre las partículas sólidas, desarrolla una presión intersticial y determina la paulatina expansión de la misma. Y, a la inversa, si el agua que baña la arcilla se va poco a poco, por ejemplo debido al descenso del nivel freático, el suelo disminuirá de volumen por desaparición gradual de la presión intersticial y aumento de la presión en granos de la arcilla, es decir, se producirá una contracción.

En deslizamientos de terrenos, un estrato arcilloso, por ejemplo, está en equilibrio si su componente inclinada correspondiente a su peso propio está compensada por la fuerza de rozamiento. Sin embargo cuando se produce un movimiento de tierras previo a una construcción se puede romper este equilibrio.

También puede ocurrir que al construir un edificio su componente inclinada supere a la fuerza de rozamiento produciéndose el fallo de deslizamiento del estrato.

Incluso sin alteración alguna del equilibrio de fuerzas iniciales, de producirse lluvias abundantes que se infiltran en el terreno, se generarían deslizamientos al disminuir sensiblemente el coeficiente de rozamiento (disminución de la cohesión) e incrementarse la componente inclinada debida al peso propio del agua intersticial. De aquí los grandes deslizamientos, cuando entre estratos existe uno arcilloso. De producirse a través de éste una filtración (lluvia, acuífero, rotura de conducción, servicios, saneamiento) reblandecería la capa arcillosa, rebajando o anulando el coeficiente de rozamiento. Es suficiente un socavón en el pie de una excavación para que se produzca el deslizamiento. En ocasiones, incluso, puede aparecer de forma natural después de una lluvia intensa.

La construcción de pantallas puede provocar una **fluctuación del nivel freático** por descenso o ascenso diferencial. Esta situación es mucho más arriesgada si se realiza el vaciado antes de construir la pantalla.

Las filtraciones del agua intersticial por debajo de la pantalla, a través de las juntas de los paneles, o simplemente por el bombeo rebajan el nivel freático de los colindantes. Como consecuencia, sus fundaciones sufren movimientos diferenciales que pueden ser asientos en el caso de terrenos sin cohesión o ascensos en los arcillosos.

De existir una corriente de agua subterránea, la pantalla puede cortar su flujo elevando y descendiendo el nivel a uno y otro lado del edificio. Como consecuencia, las cimentaciones de los edificios adyacentes pueden sufrir movimientos diferenciales.

También se puede apreciar **sifonamiento** en las pantallas de un edificio cuando estas cortan o interrumpen una corriente subterránea, en la cara afectada aparece una sobrepresión y en la opuesta una depresión. Se produce así una corriente ascensional que, para un determinado valor, vence la cohesión intersticial, comportándose el terreno como granular. A partir de entonces aparecen filtraciones, y si la presión aumenta aún más, se puede llegar al levantamiento del terreno, con grave peligro para las edificaciones colindantes.

2.2.1.2. De las causas físicas

Destacan la reducción de la tensión admisible del terreno, efecto de las aguas de escorrentía, filtraciones de las redes de saneamiento, pérdidas de las bajantes, heladas, subpresiones bajo las soleras y empujes hidrostáticos tras los muros.

La reducción de la tensión admisible en terrenos arcillosos puede adquirir valores muy distintos desde 4 kg/cm² para arcillas duras hasta 0,5 kg/cm² para blandas por la acción del agua. Dicha variación puede provenir de las aguas de escorrentía, de filtraciones en las redes de saneamiento o de pérdidas por las bajantes

En los terrenos impermeables, las **aguas de escorrentía** se concentran y filtran a través de los rellenos permeables que rodean los muros o cimientos de edificios.

Se plantea por consiguiente la necesidad de disponer de una red perimetral que recoja la aguas provenientes de los drenes de solera y de muro. Al tiempo que se protege el sótano de las humedades de infiltración, se evita la disminución de la capacidad portante del terreno.

Respecto a **filtraciones de las redes de saneamiento**, el problema puede ser debido a las pérdidas en los conductos de evacuación. Para evitar dichas filtraciones, y con ello malos olores y la disminución de la capacidad portante del terreno, interesa: evitar arquetas en el interior del edificio, situar las arquetas alejadas de los cimientos, evitar conductos paralelos a fachadas y procurar que entronques y juntas entre colectores sean flexibles.

Los asentamientos del edificio suelen provocar el agrietamiento de las arquetas con las consiguientes filtraciones y disminución de la resistencia del terreno. Para evitarlo interesan arquetas prefabricadas de hormigón o PVC, vinculadas y solidarias al edificio. De esta forma asientan con el inmueble, siendo suficiente un entronque articulado. La falta de limpieza y mantenimiento de arquetas y bajantes obturan tubos y arquetas produciendo acumulación de agua.

Respecto a **las heladas**, como es sabido, el agua al congelarse aumenta el volumen entre el 8% y el 9%. En las graveras no saturadas el agua se desplaza libremente entre los huecos y la cimentación no sufre alteración alguna. Sin embargo, en los suelos granulares saturados o en los terrenos cohesivos, el agua intersticial separa las partículas produciendo un esponjamiento del terreno. Como consecuencia de ello aparece: un empuje negativo sobre las fundaciones poco cargadas y el levantamiento de las soleras con punzonamiento negativo alrededor de las fundaciones.

Durante el deshielo el proceso se invierte pudiendo aparecer descensos de los cimientos y agrietamientos en los muros.

Respecto a la **subpresión bajo soleras**, cuando una solera de un sótano se encuentra por debajo del nivel freático, está sometida a la subpresión correspondiente a la diferencia de nivel. Esta puede llegar a ser tan elevada que puede producir grietas en solera e incluso levantamientos.

Los empujes hidrostáticos tras los muros: cuando el nivel freático, las aguas de escorrentía o las corrientes subterráneas inciden sobre un muro de contención o de sótano, al empuje de las tierras hay que añadir el hidrostático correspondiente.

2.2.1.3. De las causas de origen químico

El agua es causa y origen de la disolución en los terrenos que inunda, y de la disgregación del hormigón e zapatas y pilotes.

El enlace iónico de la molécula del agua le confiere un gran poder de disolución que se manifiesta particularmente en la aparición de grandes cavidades por la disolución de estratos salinos ante la presencia de corrientes subterráneas. Otro tanto ocurre con los suelos yesíferos, aunque a más largo plazo por su menor solubilidad.

El mismo origen tienen las cavernas existentes en determinadas formaciones calizas. De cimentar sobre estos terrenos es necesario: el reconocimiento previo y si no es posible el cambio de ubicación, cimentar bajo las cavidades o recalzar.

Respecto a la disgregación del hormigón, con independencia de la acción del agua existente en los pozos en el momento de hormigonar, los cimientos de hormigón ya construidos pueden verse afectados por aguas:

- Con sulfatos en disolución, el agua que circula por terrenos yesíferos o que contengan sulfatos de calcio o magnesio reaccionan con el aluminato tricálcico dando lugar a grandes cristales. Los esfuerzos generados en su formación disgregan el hormigón, especialmente en las aristas y en las esquinas de las zapatas al ser afectadas por dos y tres caras. El problema se resuelve utilizando cementos resistentes a dichas aguas.
- Cloruros en disolución: igual que el caso anterior, el cemento deberá ser resistente a estos compuestos.
- Aguas puras que al disolver la cal, reducen la compacidad aumentando el riesgo de ataque a las armaduras. Como en los casos anteriores, el hormigón deberá amasarse con cementos de bajo contenido en sal.
- Agua con ácidos en disolución, en principio son válidos los cementos aluminoso y puzolánico, aunque con el primero conviene hacer ensayos previos.

Tanto en los antiguos pilotes de madera, como los perfiles o los tubos metálicos pueden sufrir la agresión de las aguas subterráneas.

La madera es muy propicia a ser atacada por los hongos e insectos xilófagos cuando el contenido de humedad supera el 25%. En esta situación se encuentran las cabezas de los pilotes si se produce un descenso del nivel freático y quedan al descubierto. Efectivamente, si los pilotes se encuentran sumergidos, éstos quedan protegidos por el agua, ya que los insectos y hongos requieren de oxígeno para su desarrollo.

Con la mejora de saneamiento de las ciudades y la extracción de aguas subterráneas, el nivel freático desciende emergiendo antiguas cimentaciones con el consiguiente peligro de pudrición en cabezas de pilotes. Para estos casos la única solución factible es el recalce de los encepados con la ayuda de micropilotes.

En el caso de los pilotes metálicos, al descender el nivel freático, los pilotes de perfiles laminados, los de camisa perdida, o los micropilotes, quedan desprotegidos frente a la corrosión. En función de la agresividad del agua, se estima que el avance también es mayor. Como medida preventiva se recomienda el utilizar pilotes de hormigón y considerar el tubo únicamente como encofrado perdido, es decir, rellenándolo de hormigón. También sobredimensionar el tubo en función del avance de corrosión.

Las aguas sucias, las pantanosas y, en general, las que contienen sulfatos disgregan los hormigones de las fundaciones.

2.2.2. Procesos patológicos debidos a errores en el diseño y en el cálculo.

No se va a realizar una exposición exhaustiva de los procesos patológicos en edificios debido a errores en el diseño y cálculo de cimentaciones, ya que no aporta información relevante a la tesis. Cabe recordar que es objeto de estudio la selección del tipo de cimentación-contención y no el cálculo de la misma. A posteriori, y no siendo objeto de esta tesis, el calculista (ingeniero que calcula la cimentación-contención) puede dimensionar el sistema escogido mediante el método tradicional.

Aclarado esto, simplemente se cita a continuación donde suelen sucederse los errores en la fase de cálculo y diseño, errores que normalmente originan lesiones graves en los edificios.

- El establecimiento de las condiciones de equilibrio.
- Las comprobaciones a flexión.
- Las comprobaciones a cortante.
- Las comprobaciones a punzonamiento
- Las comprobaciones de fisuración y anclaje.
- Disposición de armaduras.
- Nudos zapata-pilar.
- Asientos diferenciales.

2.2.3. Procesos patológicos de origen diverso.

Dentro de este grupo de procesos patológicos, se incluyen, por su importancia, los debidos a los rellenos incontrolados, al desconocimiento de los suelos y a causas más puntuales no comentadas en los apartados anteriores.

Los procesos patológicos ocasionados por los rellenos, se producen tanto en las edificaciones próximas, como en aquellas de nueva construcción cuyos cimientos se sitúan sobre antiguos vertederos.

Los procesos patológicos originados cuando el edificio se sitúa sobre arcillas expansivas o sobre terrenos colapsables, yesíferos y granulares, indicaría un desconocimiento de los suelos.

Los procesos patológicos ocasionados por apertura de zanjas, vaciado de solares adyacentes (caso extremadamente importante para la tesis), fundaciones adosadas a edificios ya construidos, el anclaje de pantallas, la acción de los árboles, las explotaciones mineras y la transferencia de esfuerzos de la propia cimentación, empiezan por movimientos y deformaciones del terreno.

Vale la pena entrar, a continuación, en detalle para cada uno de los procesos patológicos citados en este apartado.

2.2.3.1. Procesos patológicos debidos a los rellenos.

Un relleno correctamente proyectado, de materiales homogéneos, con preparación previa de la superficie, extendido por tongadas de espesor acorde con el material y los equipos disponibles y cuyo grado de compactación se controle mediante ensayos Proctor es la solución idónea en explanaciones, nivelaciones y como sustitución de vertederos y terrenos de mala calidad. Sin embargo, cuando no existe preparación previa, el material es heterogéneo, se bascula desde el camión y su única compactación son las ruedas del mismo, el terreno es origen de lesiones en las cimentaciones próximas, y no digamos en las que se construyen sobre este terreno sin compactar.

La afectación de un relleno a una finca colindante es una realidad, aunque sea difícil de apreciar a primera vista. Una capa de espesor e (m), extendida sobre un terreno le transmite una sobrecarga de $\gamma \times e$, siendo γ la densidad o peso específico del terreno utilizado en el relleno, cuyos valores oscilan entre 1.500 y 1.800 kg/m³; es decir que la sobrecarga puede alcanzar valores comprendidos entre 1.500e y 1.800e kg/m². En particular para un edificio en el que a su lado se rellenen 3m de altura (ejemplo: el relleno de un solar antiguo donde se ubicaba un edificio de aparcamientos y se rellena la altura de un forjado para cambiar solar a uso viviendas) la sobrecarga sería de $1.800 \times 3 = 5.400$ kg por cada metro cuadrado de superficie. Es por ello que, si alguno de los estratos subyacentes es de escasa capacidad portante pueden producirse asentos de consideración debidos exclusivamente a su peso propio, produciendo entonces lesiones sobre cimentaciones superficiales, profundas, estructuras de contención y estratos inclinados.

Las lesiones de los rellenos sobre las cimentaciones superficiales aparecen sobre todo si alguno de los estratos subyacentes es de escasa calidad (arcillas blandas, limos...) y el edificio es de escasa rigidez. Se producirán asentos diferenciales tanto más acusados cuanto más próximos estén sus soportes al relleno (Figura 2.27). A

consecuencia, y en función de cómo se reubiquen las nuevas cargas, aparecerán grietas diagonales en fachadas pasando por los huecos de ventanas y puertas (cargas junto a medianeras). Si se tratase de un edificio monolíticamente construido, o cimentado sobre losa suficientemente rígida, aparecería un desplome hacia la zona rellena.

Las cimentaciones profundas, como los pilotes trabajando por punta, también pueden resultar afectados por un relleno cercano. El asentamiento de un estrato somete a los pilotes a esfuerzos de flexión y corte para los que no están diseñados, pudiendo producirse su fractura. Cualquiera de las causas anteriores tales como descenso del estrato subyacente, rozamiento negativo, esfuerzos de flexión o de corte sobre pilotes o micropilotes pueden ser causa de desplomes y grietas en fachada.

En referencia a lesiones ocasionadas por rellenos sobre estructuras de contención, es decir, muros, pantallas, etc., si el relleno está delimitado por estas y el estrato subyacente es poco cohesivo, pueden producirse fenómenos de movimiento de muros y deslizamientos en profundidad.

También pueden aparecer lesiones a causa de rellenos vertidos en superficies inclinadas, las aguas de lluvia pueden disminuir la cohesión de las tierras del relleno y el coeficiente de rozamiento de los estratos arcillosos. Y conjuntamente con el incremento de la sobrecarga y del peso específico, producir el deslizamiento de las tierras

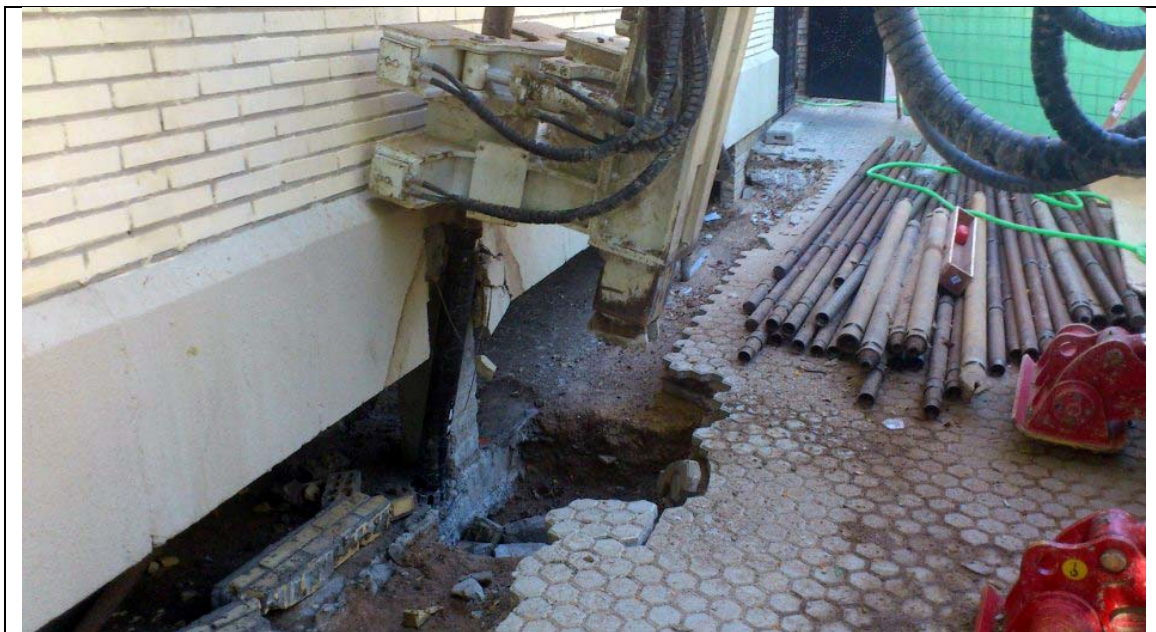


Figura 2.27. Recalce por asientos diferenciales en terrenos de relleno (Ibertis 2010)

Cabe sobretodo destacar las lesiones producidas a edificios por cimentarlos sobre rellenos y vertederos (Figura 2.27). Durante las décadas de los años cincuenta y sesenta los terrenos del extrarradio de muchas ciudades españolas se convirtieron en vertederos incontrolados. Así las vaguadas, las canteras abandonadas y las zonas pantanosas se regularizaron con materiales procedentes de demoliciones, basuras y productos de desecho de origen industrial. El boom urbanístico de las

décadas siguientes los transformó en solares urbanos, con el consiguiente peligro para las edificaciones que se iban a situar. Para poder edificar en un solar de este tipo, siempre es recomendable: atravesar el relleno con cimentaciones profundas, o sustituir este relleno por otro de nuevo con una explanación compactada, o aprovechar el volumen de vaciar ese relleno para dotar al edificio de aparcamiento subterráneo si inicialmente no estaba diseñado así.

2.2.3.2. Procesos patológicos debidos al desconocimiento de los suelos.

En particular son causa de accidente: las arcillas expansivas, los suelos colapsables, los terrenos yesíferos y los suelos granulares compactos.

Las arcillas expansivas, también denominadas terrenos de bujeo, pertenecen a la familia de los suelos cohesivos que, al encontrarse en estado de semisaturación, sufren importantes cambios de volumen al variar el contenido de humedad. Su disminución da lugar a retracciones y consecuentemente asientos en los edificios, mientras que los incrementos de humedad se traducen en hinchamientos y empujes negativos (levantamientos) sobre las cimentaciones. El comportamiento de estos suelos se debe a que en su estructura (formada por partículas de arcilla, aire y agua) se alcanza un estado de equilibrio entre la tensión superficial y las fuerzas de cohesión para cada contenido determinado de humedad. Al disminuir la humedad la cohesión se sobrepone a la tensión superficial y el volumen del terreno disminuye, por el contrario al aumentar la humedad, la tensión superficial vence a la cohesión y el terreno se expande.

Las arcillas expansivas se manifiestan superficialmente a través de grandes grietas (de hasta varios centímetros) que alcanzan una profundidad próxima a los 3 m considerándose como zona activa hasta esa cota. Se detectan también por los taludes cuarteados en formas paralelepípedicas, así como por su tonalidad verdosa, gris ó marrón. Y en estado húmedo, por su textura plástica y cohesiva, que se adhiere al calzado y neumáticos. En los edificios suelen aparecer variaciones de altura de sus juntas de dilatación o separación, despegue en las construcciones adosadas, agrietamiento en los elementos lineales y abombamientos en soleras (Figura 2.28).



Figura 2.28. Asentamiento diferencial edificio por arcillas expansivas (Porticampoalegre 2007)

En la práctica, aunque el suelo sea potencialmente expansivo por su granulometría, límites de consistencia y composición mineralógica, para que se comporte como tal deben coincidir factores naturales y de actividad humana. En particular, variaciones de humedad debidas a pérdidas de redes de saneamiento, acuíferos, lluvias (Figura 2.29).



Figura 2.29. Asentamientos producidos en la ciudad de México (Geotecnia-sor 2013)

Para evitar consecuencias traumáticas es importante valorar las siguientes recomendaciones: detectar la presencia de este tipo de suelo a través de estudios geotécnicos previos al proyecto, a nivel de planes urbanísticos es preferible evitar la construcción de edificios sobre estos terrenos, eliminar la capa activa, ocupándola con uno o dos sótanos cuyas pantallas y cimentaciones aisladas se sitúen por debajo de la citada capa y por último, edificar con estructuras flexibles, es decir, estructura metálica.

Los suelos colapsables están compuestos por limos muy porosos pero a la vez vinculados con una fuerte cohesión en estado seco que se puede apreciar a través de taludes prácticamente verticales y de gran altura. Sin embargo, al aumentar el contenido de humedad pierden cohesión entre sus partículas que desaparece totalmente al alcanzar el estado de saturación. Generalmente la estructura colapsa antes de llegar a la saturación, en ocasiones exclusivamente por la acción de su peso propio, de aquí el nombre de suelos colapsables. En España existen suelos colapsables yesíferos en el margen izquierdo del Ebro a su paso por Zaragoza así como terrenos limosos en la Comunidad Valenciana, especialmente Alicante.

Los fallos de las fundaciones en estos terrenos suelen producirse de manera instantánea y afectando solo a una parte del edificio. Generalmente se deben a la pérdida de agua en conducciones, presencia de freático en la zona o lluvias abundantes en medianeras desprotegidas y obras colindantes en fase de cimentación o contención.

Respecto a los posibles problemas causados por suelos yesíferos, las aguas subálveas, las procedentes de la lluvia y las de riego, diluyen el sulfato cálcico de las margas yesíferas formando cavidades, que en algunos casos provocan ligeros asentamientos y en el caso de grandes superficies desplomes y hundimiento de edificaciones.

Finalmente los suelos granulares, aunque compactados por el alto contenido en finos, son propicios a la formación de cavidades internas. Efectivamente, las filtraciones de agua procedentes de colectores, redes de abastecimiento, redes de saneamiento, etc., al arrastrar los finos y las partículas arenosas crean inicialmente una pequeña oquedad que se va ampliando, especialmente con inundaciones, hasta alcanzar grandes volúmenes. Se suelen presentar en el subsuelo de las calles (especialmente si el subsuelo es arenoso), al circular sobre el asfalto afloran socavones.

2.2.3.3. Procesos patológicos debidos a causas diversas

Las intervenciones realizadas en el entorno de un edificio ya construido suelen ser origen de lesiones.

Al ser el terreno un material continuo que sirve de apoyo a un edificio, a los colindantes, a las conducciones, a las redes municipales de servicio y a las infraestructuras subterráneas, las cimentaciones de los edificios pueden verse afectadas por alteraciones sufridas en cada uno de ellos.

En particular, en los edificios pueden aparecer procesos patológicos debidos a:

- La apertura de zanjas.

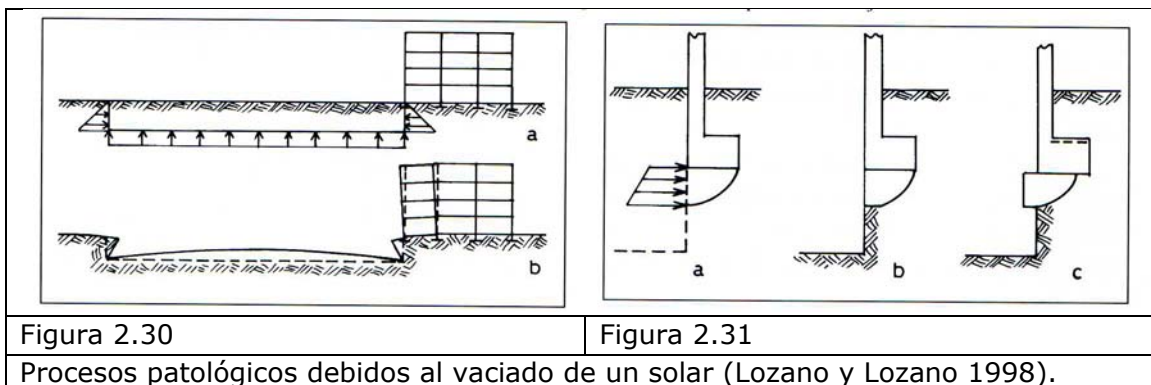
La construcción de zanjas suele ser causa de desplazamientos horizontales del terreno. Como consecuencia de estos se producen inicialmente giros y desajustes en los edificios colindantes seguido de aparición de grietas

Antes de procederse al vaciado las tensiones existentes en las paredes y fondo de la zanja están equilibradas por el propio terreno. Cuando este se excava, el equilibrio se rompe por lo que las paredes se desplazan hacia el vaciado al tiempo que asciende el fondo. Consecuencia de ello es el desplazamiento vertical y horizontal de la superficie libre. De aquí la necesidad de entibar con el fin de restablecer la transmisión de esfuerzos horizontales.

- El vaciado de solares próximos.

El asentamiento en zanjas sirve también para explicar el producido por excavaciones próximas, ya que el equilibrio entre el terreno, las paredes y el fondo de la futura excavación se rompe al realizarse el vaciado (figura 2.30a). Como consecuencia las paredes se desplazan hacia la excavación mientras que el fondo asciende (figura 2.30b) produciéndose el asentamiento y la distorsión de los edificios próximos.

En particular son peligrosos los asientos de las zapatas medianeras. La rotura en cuña del terreno situado bajo la zapata está equilibrado por las tensiones horizontales del terreno (figura 2.31a). Al desaparecer el terreno con sus componentes horizontales, el equilibrio se rompe produciéndose el hundimiento (figura 2.31c). De aquí la conveniencia de construir el muro de sótano en forma de pantallas, pilotes, micropilotes, batches o damas.



- La cimentación de edificios adosados con muros medianeros.

Al edificar en los solares de los cascos antiguos, la cimentación mediante zapatas aisladas adosadas a muros medianeros solicita puntualmente al terreno subyacente generándose el arrastre de las fundaciones corridas, el agrietamiento de la medianera, la pérdida del monolitismo con los muros transversales y la enlazabilidad con los de fachada. Los esfuerzos del nuevo edificio, que los pilares conducen al terreno a través de los cimientos, generan asientos en el suelo que por interacción arrastra al que sirve de apoyo a las antiguas fundaciones corridas. Como consecuencia, la medianera asienta los muros transversales y los de fachada pierden monolitismo, se agrietan las fábricas y los dinteles se desajustan.

El problema se agudiza en las edificaciones resueltas con muros de mampostería ordinaria existentes en los cascos antiguos cuando les adosan zapatas de hormigón armado. La cuestión se agrava si, para ganar superficie, los pilares se embuten en la medianera y sus zapatas se vinculan a la cimentación corrida.

Para evitar este proceso, no es suficiente con disponer una junta de asiento entre ambos cimientos, es necesario separarlos tanto en distancia como en nivel de apoyo.

- La acción de los árboles.

Con independencia de la presión que las raíces ejercen sobre los muros que las contienen, que a la larga acaban fracturándolos o abatiéndolos, determinadas especies arbóreas necesitan gran cantidad de agua para su desarrollo, en especial las de hoja caduca durante la primavera, sobre todo si la poda fue enérgica.

Buscando el alimento, sus raíces se desarrollan hacia las zonas más húmedas como es el subsuelo del edificio y los alrededores de las arquetas y de las conducciones

de evacuación. La desecación da lugar a asientos diferenciales en el terreno y las raíces rompen y levantan pavimentos con lo que esto conlleva.

Para evitar estos efectos se recomienda plantar los árboles a una distancia del edificio superior a una vez y media su altura. Si los árboles existían con anterioridad a la construcción, disponer el nivel de apoyo de las zapatas por debajo del estrato de cambio de humedad estacional. De aparecer síntomas de desecación, es conveniente cortar las raíces que se dirijan al edificio y construir una barrera de hormigón ligeramente armada o bien una barrera interceptora de raíces compuesta de arena mezclada con sal y una lámina gofrada trasdosada con hormigón. En ningún caso se recomienda la tala ya que provoca hinchamientos.

- Las explotaciones mineras y obras subterráneas

Una galería de mina u obra subterránea genera una subsidencia que en superficie se manifiesta en forma de depresión delimitada entre dos planos no paralelos que forman un ángulo entre ellos. Este ángulo es función de las características del terreno, del contenido de agua y de la inclinación de las galerías. La depresión delimita sobre la superficie terrestre tres franjas diferenciadas, una central en la que se producen asentamientos verticales (no diferenciales) y en teoría sin problema alguno para los edificios sobre su superficie, una intermedia comprendida entre la zona anterior y la línea de inflexión, sometida a esfuerzos de compresión.

Los edificios situados en esta franja son los más afectados, sufren asentamientos diferenciales, distorsiones y acortamientos entre sus cimientos. Finalmente la franja más extrema, delimitada por la línea de inflexión y el plano que delimita el inicio de la depresión, sufre sollicitaciones a tracción. Los inmuebles de esta franja también sufren asientos diferenciales aunque en este caso separando sus fundaciones. Para amortiguar los efectos citados es recomendable prever juntas de asiento mas juntas de lo habitual, proyectar estructuras estáticamente determinadas, flexibles y de luces pequeñas, reducir los vanos en los huecos de ventanas y portones.

2.2.4. Patologías particulares en muros.

El muro es una estructura especialmente propicia a la aparición de problemas patológicos (Calavera 2000).

Son varias las causas de esto y en particular merecen destacar las siguientes:

- El muro es una estructura en cuyo cálculo, tanto estructural como geotécnico, la introducción de la seguridad es compleja.
- Con frecuencia y dado su presupuesto, los muros se proyectan con insuficiente información geotécnica.
- La relación volumen/superficie es en estos elementos alta y por tanto y por tanto disipan mal el calor de hidratación del cemento. Esto hace que sea frecuente la fisuración, especialmente la debida a la contracción térmica.

En el libro *Muros de contención y Muros de sótano* (Calavera 2000) se muestra una Tabla de representación de los problemas más frecuentes en muros.



Figura 2.32. Deslizamiento del muro (Noticreto 111 2012)



Figura 2.33. Colapso de muro de contención (Ibertis 2010)

2.2.5. Conceptos sobre procesos patológicos, patología, diagnóstico y terapéutica

Es importante describir varios conceptos relacionados con las patologías en edificios, su transcripción a documentos y su análisis mediante diagramas de procesos.

En un proceso patológico, al igual que un ser vivo, el edificio en general y sus elementos componentes en particular, pueden verse afectados por un mal intrínseco que ante unas causas determinadas degenera en una enfermedad (Figura 2.34). Como manifestación de la misma aparecen inicialmente unos síntomas. Y de no atajarse a tiempo suelen acabar en unas lesiones, en un accidente o alcanzarse algunos de los estados límites últimos de agotamiento.

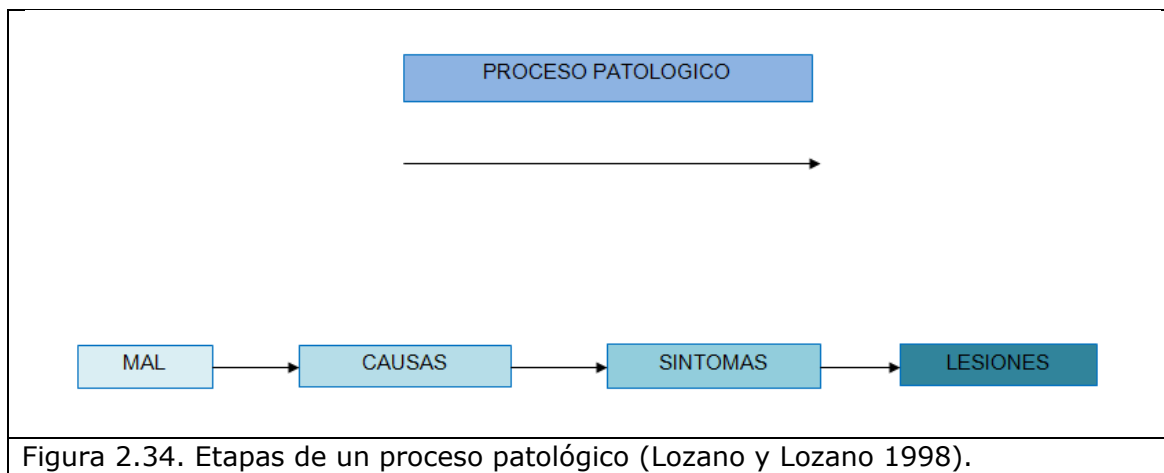


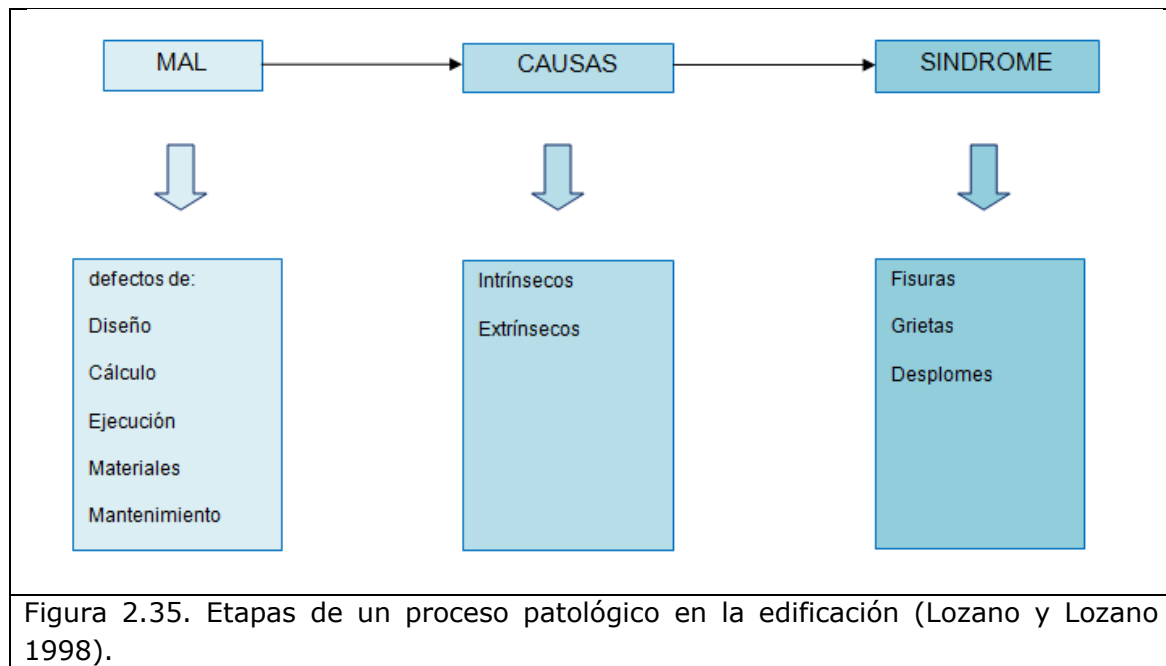
Figura 2.34. Etapas de un proceso patológico (Lozano y Lozano 1998).

En el caso particular del edificio, de sus componentes, y en el de la cimentación, el mal puede ser de carácter intrínseco y tener origen en alguna o alguna de las fases de diseño, cálculo, de ejecución, de los materiales utilizados o de mantenimiento. Cuando las causas desencadenantes del mal tienen carácter extrínseco, como las debidas a la acción del agua, las que tienen origen en los rellenos, en el desconocimiento de los suelos, la ejecución de obras en el entorno...

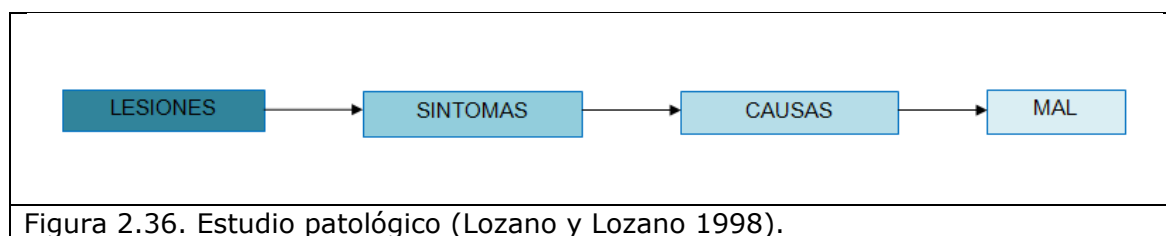
Determinadas causas como las citadas anteriormente y otras como reformas en edificios, inundaciones o movimientos sísmicos, pueden desencadenar un proceso patológico.

Como consecuencia de los procesos patológicos aparecidos en las fundaciones, el edificio se ve afectado por un síndrome en forma de fisuras, grietas y desplomes.

En la Figura 2.35 se consignan los orígenes, las causas, los síntomas y las lesiones.



Aparecido el síndrome, el patólogo de la edificación en el caso de una construcción recorre en sentido contrario el proceso patológico, es decir, a la vista de las lesiones, o de los síntomas si le avisaron a tiempo, trata de diagnosticar las causas que desencadenaron el mal, Figura 2.36. A este estudio se le conoce como estudio patológico o patología. Se podría definir como el “estudio de la naturaleza de la enfermedad a través, de los cambios estructurales y procesos que presenta el enfermo”



Generalmente el patólogo de la edificación realiza una serie de visitas de inspección a fin de identificar las lesiones, independizarlas de otras y determinar su amplitud. Recaba después la información necesaria (planos de proyecto, de estructura, pliego de condiciones, detalles constructivos, libro de órdenes, resultados del control de calidad, cambios de uso, reformas, etc.) al tiempo que obtiene datos físicos sobre los síntomas (aparición, situación, evolución, morfología, extensión, etc.).

Y de acuerdo con la relación causa/efecto, en base a experiencias anteriores y de su “ojo clínico” llega al prediagnóstico (Figura 2.37).

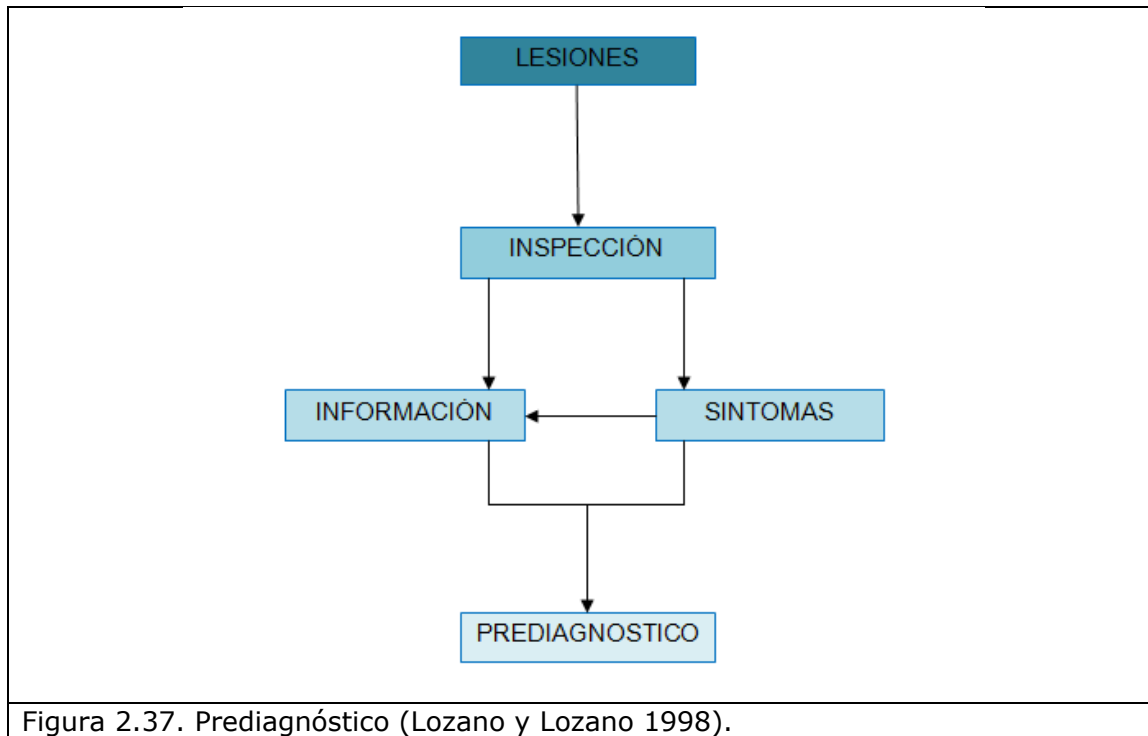


Figura 2.37. Prediagnóstico (Lozano y Lozano 1998).

Una vez que el patólogo llega al proceso mental del prediagnóstico, analiza la información anterior, se plantean unas hipótesis y las comprueba a través de cálculos, ensayos o pruebas de carga. De verificarse, emite el diagnóstico en el que ha de confirmar la evolución del proceso; es decir, el mal que afecta al edificio (defectos de diseño, errores de cálculo, ejecuciones incorrectas, materiales defectuosos o falta de mantenimiento) las causas intrínsecas o extrínsecas que lo generaron, los síntomas bajo los que se manifestó y las lesiones que se produjeron.

Esta metodología para la obtención de un diagnóstico se representa en la Figura 2.38.

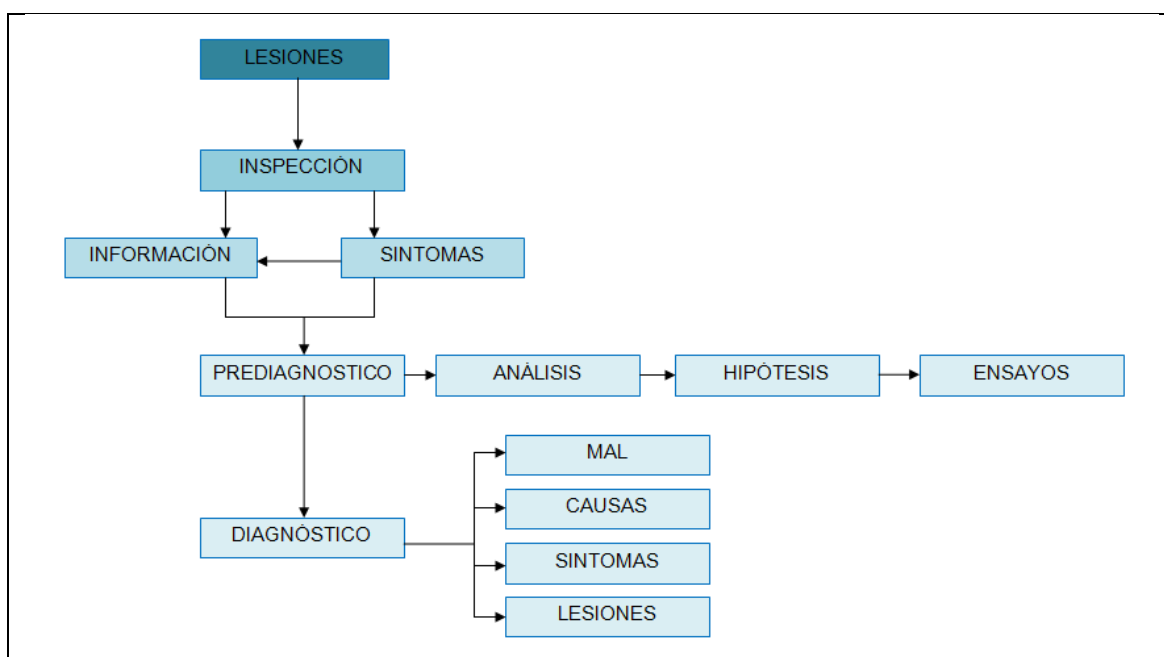
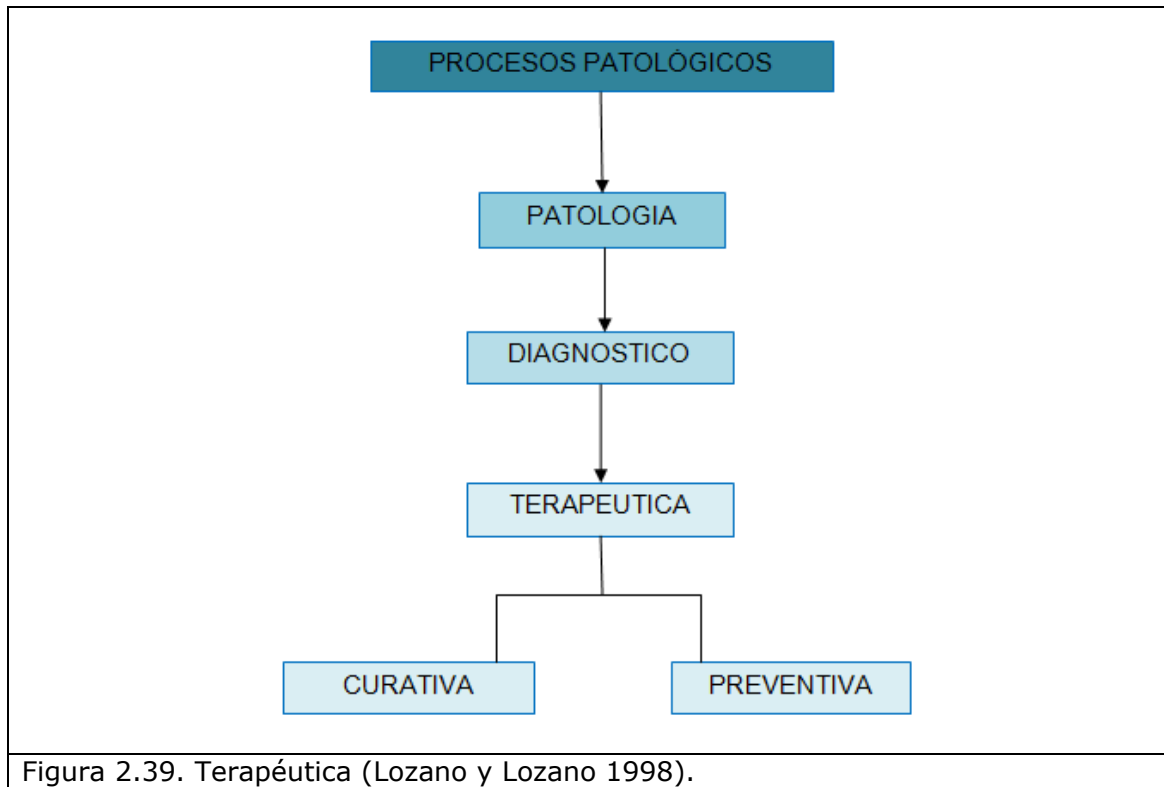


Figura 2.38. Metodología propuesta para la obtención de un diagnóstico (Lozano y Lozano 1998).

Como etapa final de todo el proceso anterior el facultativo, de ser requerido, receta “los preceptos y remedios para el tratamiento de la enfermedad” es decir, aplica la terapéutica curativa indicada en la Figura 2.39.



Sin embargo además de la terapéutica curativa, el proyectista ha de tener en cuenta en el diseño, en el cálculo y en la ejecución, la terapéutica preventiva de las normas para evitar que se inicie algún proceso patológico.

2.3. Análisis mediante métodos estadísticos

2.3.1. Distribución t de Student

Es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida.

Aparece de manera natural al realizar la prueba t de Student para la determinación de las diferencias entre dos medias muestrales y para la construcción del intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de dos poblaciones cuando se desconoce la desviación típica de una población y ésta debe ser estimada a partir de los datos de una muestra.

En estadística, una prueba t de Student, prueba t -Student, o Test-T es cualquier prueba en la que el estadístico utilizado tiene una distribución t de Student si la hipótesis nula es cierta (Wikipedia 2015). Se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. Es utilizado en análisis discriminante.

Las pruebas- t de dos muestras para probar la diferencia en las medias pueden ser desapareadas o en parejas. Las pruebas t apareadas son una forma de bloqueo estadístico, y poseen un mayor poder estadístico que las pruebas no apareadas cuando las unidades apareadas son similares con respecto a los "factores de ruido" que son independientes de la pertenencia a los dos grupos que se comparan. En un contexto diferente, las pruebas- t apareadas pueden utilizarse para reducir los efectos de los factores de confusión en un estudio observacional.

Las pruebas t **desapareadas** o de muestras independientes, se utilizan cuando se obtienen dos grupos de muestras aleatorias, independientes e idénticamente distribuidas a partir de las dos poblaciones a ser comparadas. Por ejemplo, supóngase que estamos evaluando el efecto de un tratamiento médico, y reclutamos a 100 sujetos para el estudio. Luego elegimos aleatoriamente 50 sujetos para el grupo en tratamiento y 50 sujetos para el grupo de control. En este caso, obtenemos dos muestras independientes y podríamos utilizar la forma desapareada de la prueba t . La elección aleatoria no es esencial en este caso, si contactamos a 100 personas por teléfono y obtenemos la edad y género de cada una, y luego se utiliza una prueba t bimuestral para ver en qué forma la media de edades difiere por género, esto también sería una prueba t de muestras independientes, a pesar de que los datos son observacionales.

Las pruebas t de muestras dependientes o **apareadas**, consisten típicamente en una muestra de pares de valores con similares unidades estadísticas, o un grupo de unidades que han sido evaluadas en dos ocasiones diferentes (una prueba t de mediciones repetitivas). Un ejemplo típico de prueba t para mediciones repetitivas sería por ejemplo que los sujetos sean evaluados antes y después de un tratamiento.

Una prueba t basada en la coincidencia de pares muestrales se obtiene de una muestra desapareada que luego es utilizada para formar una muestra apareada, utilizando para ello variables adicionales que fueron medidas conjuntamente con la variable de interés.

La valoración de la coincidencia se lleva a cabo mediante la identificación de pares de valores que consisten en una observación de cada una de las dos muestras, donde las observaciones del par son similares en términos de otras variables medidas. Este enfoque se utiliza a menudo en los estudios observacionales para reducir o eliminar los efectos de los factores de confusión.

Es un test que permite decidir si dos variables aleatorias normales (gaussianas) y con la misma varianza tienen medias diferentes. Dada la ubicuidad de la distribución normal o gaussiana el test puede aplicarse en numerosos contextos,

para comprobar si la modificación en las condiciones de un proceso (humano o natural) esencialmente aleatorio produce una elevación o disminución de la media poblacional. El test opera decidiendo si una diferencia en la media muestral entre dos muestras es estadísticamente significativa, y entonces poder afirmar que las dos muestras corresponden a distribuciones de probabilidad de media poblacional distinta, o por el contrario afirmar que la diferencia de medias puede deberse a oscilaciones estadísticas azarosas.

La eficacia del test aumenta con el número de datos del que constan las dos muestras, en concreto del número de grados de libertad conjunto de las dos muestras. La prueba consiste en examinar el estadístico t obtenido a partir de las dos muestras.

Este valor obtenido se compara con un valor de referencia basado en el número de grados de libertad y el nivel de significación. Dicho valor de referencia se obtiene a partir de la distribución t de Student.

Al comparar las 2 medias, frecuentemente siempre se supone que el nivel de significación α sea menor que 0,05.

2.3.2. Correlación y regresión

Según Triola (2009), el coeficiente de **correlación** lineal r es una medida numérica de la fuerza de la relación entre 2 variables que representan datos cuantitativos. Utilizando datos muestrales apareados (también llamados bivariados) se calcula el valor de r (generalmente con recursos tecnológicos) y luego utilizamos este valor para concluir que existe o no una relación entre las 2 variables.

Antes de usar métodos más formales de cálculo, se debe explorar el conjunto de datos para ver su aspecto y comportamiento general. Con frecuencia se puede encontrar una relación entre 2 variables al construir un diagrama de dispersión. Cuando se examina un diagrama de dispersión, se debe estudiar el patrón general de los puntos graficados. Si existe un patrón, es necesario observar su dirección. Si todos van hacia arriba, esto sugiere que cuando una variable aumenta, la otra también lo hace. Si los datos van hacia abajo, esto sugiere que cuando una variable aumenta, la otra disminuye. Se deben buscar los valores extremos, que son puntos que se ubican muy lejos del resto de los puntos.

Si se observa que el patrón de puntos se acerca cada vez más a una línea recta, indica que la relación entre x e y se vuelve más fuerte.

Puesto que el examen visual de los diagramas de dispersión es muy subjetivo, se necesitan medidas más precisas y objetivas, esto es, emplear el coeficiente de correlación lineal r , que sirve para detectar patrones lineales.

Como se ha citado anteriormente, el coeficiente de correlación lineal r mide la fuerza de la relación lineal entre los valores cuantitativos apareados x e y en una muestra. Su valor se calcula con la Ecuación 2.3 y también es llamado coeficiente

de correlación producto momento de Pearson, en honor a Karl Pearson (1857-1936), quien lo desarrolló originalmente.

$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$	
n	Representa el numero de pares de datos presentes.
Σ	Denota la suma de los elementos indicados.
Σx	Denota la suma de todos los valores de x.
Σx ²	Indica que cada valor de x debe elevarse al cuadrado y después deben sumarse esos cuadrados.
(Σx) ²	Indica que los valores de x deben sumarse y el total elevarse al cuadrado.
Σxy	Indica que cada valor de x debe multiplicarse primero por su valor y correspondiente. Después de obtener todos estos productos se calcula la suma.
α	Probabilidad de un error.
ρ	Coeficiente de correlación lineal de una población.
r	Coeficiente de correlación lineal de una muestra.
Ecuación 2.3. Coeficiente de correlación lineal (Triola 2009)	

Una vez definida la correlación como una herramienta para determinar si existe relación entre 2 o más variables, se define la **regresión** como la relación algebraica entre estas variables (Figura 2.40).

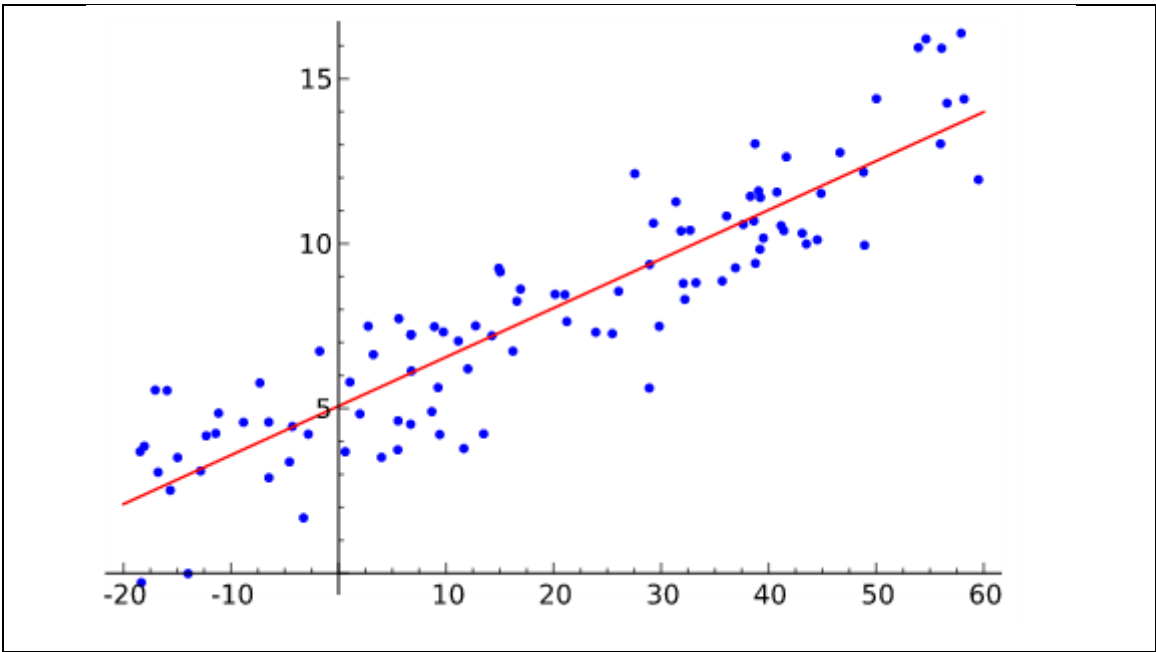


Figura 2.40. Gráfica de análisis de regresión (Wikipedia 2015)

Entender las relaciones que subyacen en los problemas prácticos es una de las claves del éxito en las investigaciones empíricas contemporáneas (Silva 2004). En el marco biomédico, por ejemplo, resultan típicas preguntas como las siguientes:

¿Por qué algunos individuos tienen niveles de tensión más alto que otros? ¿Podría la tensión arterial normal ser diferente para una u otra edad? ¿Estaría determinada de alguna manera por el peso del sujeto o por el consumo diario de sal? En tal caso, ¿Cómo interactúan estas dos variables sobre el desarrollo de la hipertensión? Se trata del tipo de interrogantes cuyas respuestas podrían hallarse con la ayuda del análisis de la regresión, técnica estadística que permite el examen de relaciones funcionales entre variables. Ocasionalmente, este método se emplea directamente con el objetivo de predecir o estimar el valor de una variable para cierto valor dado de otra u otras.

Existen diferentes tipos de análisis de regresión, que varían según el número y la naturaleza de las variables involucradas y en dependencia de la función matemática capaz de describir la relación que las vincula.

Si la relación involucra a una sola variable independiente (X), se dice que la regresión es simple, si hay varias, entonces se trata de regresión múltiple. Por otro lado, si la dependencia funcional de la variable dependiente (Y) respecto de las independientes, es expresable según una línea recta (o, más generalmente, según un hiperplano), la regresión es lineal; de lo contrario, es no lineal o curvilínea. De esta manera pueden considerarse diversas combinaciones que permiten que el análisis de regresión sea de una u otra naturaleza.

El modelo de regresión lineal simple es aquel que describe la relación entre dos variables a través de una línea recta. De modo que las variables resultan relacionadas según el patrón sintetizado en el siguiente modelo:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$$

Ecuación 2.4. Modelo de regresión lineal simple (Silva 2004)

En el cual α y β son los parámetros, también llamados coeficientes de regresión (α es el intercepto y β la pendiente). El sumando ε representa el error debido al azar y refleja aquella variabilidad de la variable dependiente atribuible a causas no controladas por el modelo lineal.

En la práctica, este modelo puede no resultar útil por la simple razón de que la mayoría de los fenómenos en estudio involucran a un gran número de factores, que a menudo es necesario examinar en conjunto. Por este motivo, la regresión lineal ha sido objeto de una extensión natural, la regresión lineal múltiple.

Este modelo supone que existe una relación lineal entre la variable de respuesta (Y) y k variables independientes (X_1, X_2, \dots, X_k). El modelo matemático que caracteriza tal relación es:

$$Y_i = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i$$

Ecuación 2.5. Regresión lineal múltiple (Silva 2004)

Donde los coeficientes representan lo mismo que en el caso simple, salvo que B_j mide el cambio promedio que se produce en Y para un incremento unitario en la j -ésima variable independiente, suponiendo constantes los valores para el resto. Aunque las relaciones lineales pueden caracterizar numerosas situaciones, también es posible encontrar que la variable dependiente dependa curvilíneamente de una o más variables independientes. En tal caso, los modelos de regresión no lineales logran descripciones más adecuadas.

Por otra parte, según la escala de la variable que cuantifica el desenlace, se utilizan diferentes tipos de modelos multivariados. Estos son básicamente: regresión lineal múltiple (desenlace cuantitativo), regresión logística (desenlace dicotómico o, más generalmente politómico) y regresión múltiple de Cox (supervivencia como desenlace).

2.3.3. Análisis mediante regresión logística

Existen situaciones en las que resulta impropio usar la regresión lineal para caracterizar la relación funcional entre cierta variable de respuesta y un conjunto de variables independientes. La más común de las circunstancias invalidantes es la que se da cuando la variable de respuesta expresa la ocurrencia o no de cierto suceso, tal como que un artículo enviado a una revista sea aceptado o rechazado por el consejo editorial, que un estudiante apruebe o suspenda un examen, o que el producto de un embarazo sea o no un bebé con determinada malformación congénita, o que un edificio cercano a una obra se desplome o no.

En estas situaciones, suele interesar la evaluación del efecto de uno o más antecedentes sobre el hecho de que el acontecimiento se produzca. Llamemos Y a la variable dependiente, que refleja la ocurrencia o no del suceso. Puesto que Y es dicotómica, admitamos que puede asumir los dos valores:

$Y = 1$, si el hecho ocurre

$Y = 0$, si el hecho no ocurre.

2.3.3.1. Regresión logística binaria simple

Esta es la situación más simple, es aquella en que se trata de evaluar el efecto de un solo factor al que se representará mediante la variable X , sobre el desenlace Y . Frente a esto, considérese el modelo siguiente:

$$Y = \alpha + \beta X$$

Ecuación 2.6. Regresión logística binaria simple (Silva 2004)

La variable de respuesta es, en cierto sentido una probabilidad. Considerando por ejemplo en un caso médico, los individuos que desarrollan una infección tendrían probabilidad 1 y los sujetos que no la desarrollen tendrán probabilidad 0. A la vez, un modelo de probabilidad para el riesgo de enfermarse según la edad podría ser:

$$Y = -5,8 + 0,13X$$

Ecuación 2.7. Regresión logística binaria simple (elaboración propia 2015)

Supóngase un estudio de la infección hospitalaria posquirúrgica donde Y es la probabilidad que un paciente desarrolle la infección y X la edad del paciente. La variable de respuesta es, en cierto sentido, una probabilidad, ya que podemos considerar que los individuos que presentan la infección tendrán probabilidad 1 y los sujetos que no la desarrollen tendrán probabilidad 0. El modelo es conocido como el modelo de probabilidad lineal. Esto quiere decir, en este caso, que este modelo atribuya altas probabilidades de tener la infección a los sujetos infectados y bajas probabilidades a quien no la tienen.

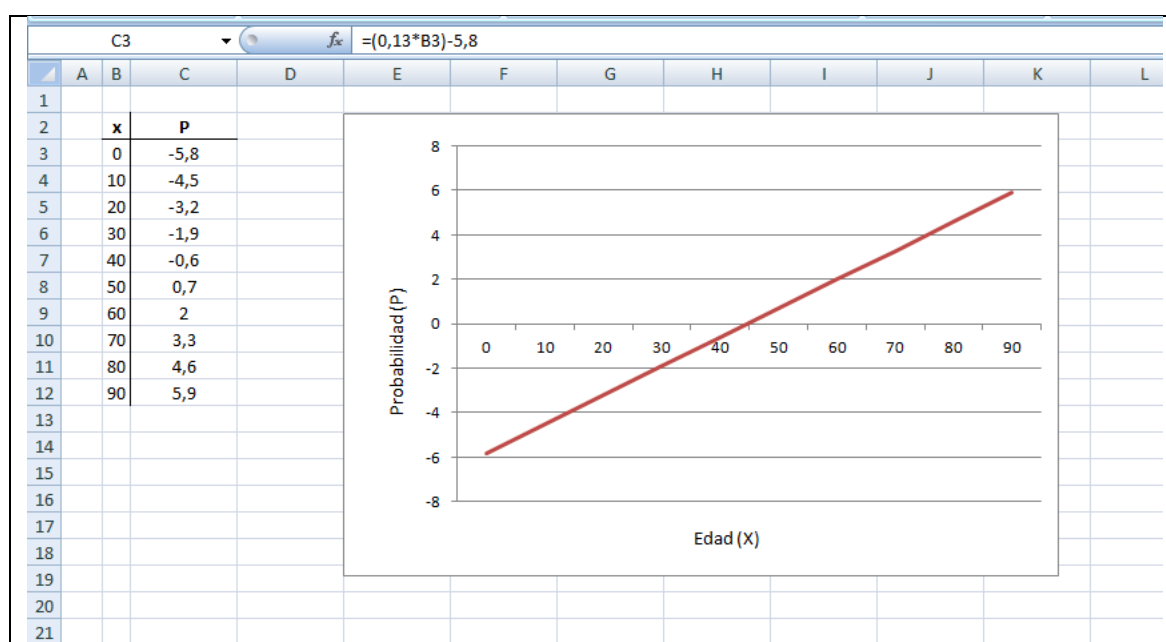


Figura 2.41. Gráfica modelo probabilidad lineal (elaboración propia 2015)

Esto indicaría que el incremento en la edad está directamente relacionado con el incremento del riesgo: si X se mide en años, el modelo estaría reflejando que por cada año adicional, el riesgo aumentaría en 0,13 unidades. Sin embargo, existe un problema notable con este modelo, consistente en que no hay nada que impida que la variable Y alcance un valor superior a 1 o inferior a 0, resultados que carecerían de todo sentido si se pretende que Y represente la probabilidad de que un hecho ocurra. El modelo anterior, por ejemplo, sugiere que a un enfermo que tenga 95 años de edad le correspondería una probabilidad ascendente a 5,9 de desarrollar la infección y que a un niño de 10 años le corresponde una probabilidad negativa.

Además de que este modelo no circunscribe los valores de respuesta al intervalo $[0;1]$, su naturaleza obliga a admitir que la relación que existe entre el riesgo y el nivel de exposición es lineal, y esto en la práctica no suele ser así. En el ejemplo comentado los cambios en los niveles de exposición de muy bajos a bajos (de tener 20 a 25 años) provocan solo incrementos leves en el riesgo de tener un desenlace adverso. Análogamente, cambios de altos niveles de exposición a muy altos (pasar de 80 a 90 años) incrementará el riesgo pero similarmente, de manera muy leve aunque el riesgo de enfermar sea mucho más alto. Finalmente el cambio de bajo a alto (de 40 a 50 años) incrementará el riesgo de manera más contundente. Es decir, los cambios entre los recorridos medios de exposición provocarán cambios más drásticos en el riesgo, es por eso que la relación más razonable que vincula el riesgo con la exposición es una curva sigmoidea.

2.3.3.2. Transformación logística

La idea de usar la probabilidad como variable de respuesta es atractiva, pero se requiere encontrar la manera de forzar a que los valores predichos de probabilidad se ubiquen entre 0 y 1, independientemente de los valores que asuman las variables independientes. Además, hay que procurar que se verifique la mencionada relación. Ambas condiciones se logran mediante la transformación logística de la probabilidad P de que cierto suceso ocurra, consistente en aplicar el logaritmo al Odds asociado a esta probabilidad.

El Odds (O) de una probabilidad, se define como la razón entre la probabilidad de que dicho suceso ocurra y la probabilidad de que no ocurra:

$$O = \frac{P}{1 - P}$$

Ecuación 2.8. Odds (Silva 2004)

Entonces Y se define como:

$$Y = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right)$$

Ecuación 2.9. Y (Silva 2004)

Que para el caso más general:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$$

Ecuación 2.10. Y (Silva 2004)

El modelo que permite resolver el problema planteado puede expresarse de la forma siguiente:

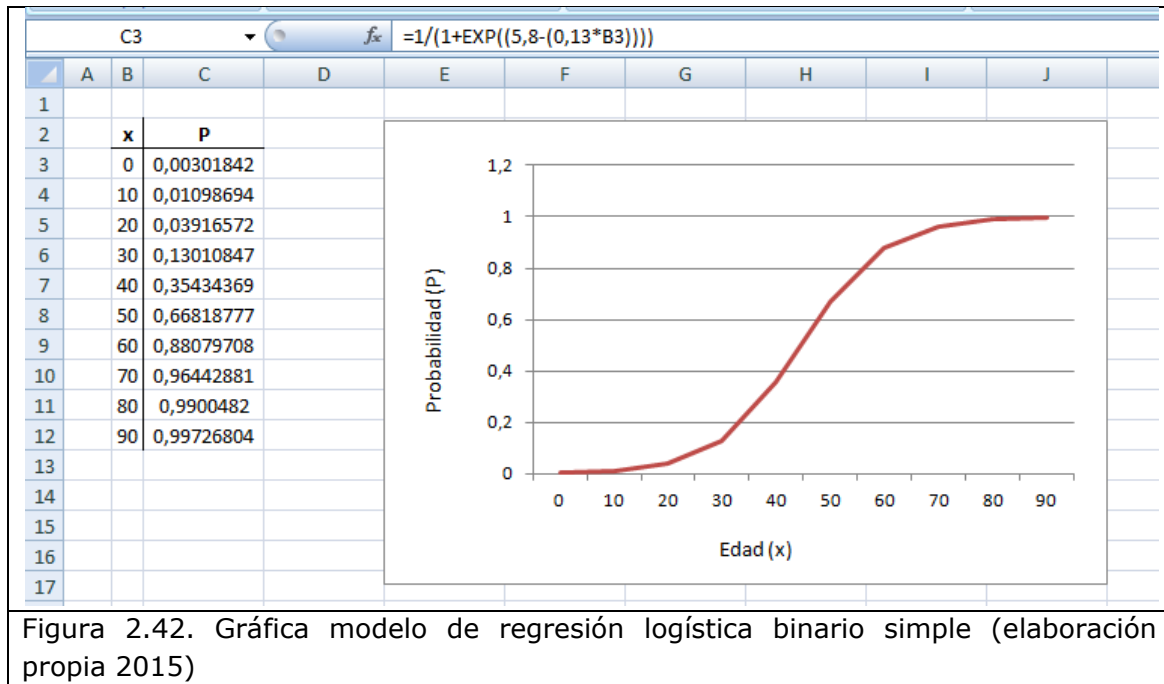
$$\ln\frac{P}{1-P} = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$$

Ecuación 2.11. Igualdad Y (Silva 2004)

Y para el caso más simple ya comentado anteriormente, es decir, el modelo de regresión logística binario simple, su solución se expresaría por la Ecuación 2.12 o gráficamente por la Figura 2.42.

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha - \beta X)}$$

Ecuación 2.12. P (Silva 2004)



2.3.3.3. Regresión logística binaria múltiple

Los fenómenos sociales y de la naturaleza suelen ser complejos, y una sola variable independiente, por lo general, no basta para resolver las demandas que se plantean. En vista de resolver los diversos problemas que participan en estos fenómenos, se pueden utilizar modelos mucho más eficientes basados en el método de regresión logística, pues permite estimar los efectos de varias variables simultáneamente sin tener que acudir a muestras enormes y con la ventaja añadida de no tener que categorizar las variables cuantitativas.

Entonces, el modelo logístico binario simple, donde solo se opera con una variable independiente, puede ser extendido, incorporando más variables independientes con la esperanza de que dicho enfoque nos ayude a entender mejor porque varía la respuesta entre unos individuos y otros.

Consideremos entonces la variable dicotómica de respuesta Y (que **puede valer 1 ó 0 dependiendo de que se presente o no la condición que se estudia**) y un conjunto de variables independientes X_1, X_2, \dots, X_k . Siguiendo el patrón del modelo simple, en el caso múltiple se establece que:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha + \beta_1 X_1 - \dots - \beta_k X_k)}$$

Ecuación 2.13. P (Y = 1) (Silva 2004)

El método que habitualmente se utiliza para la estimación de los coeficientes en el modelo de regresión lineal es el de máxima verosimilitud a través de los mínimos cuadrados. Para la regresión logística, el método usual de estimación de los parámetros no se reduce a invertir una matriz, sino que es considerablemente más complejo (actualmente existen programas informáticos capaces de calcularlos con cierta exactitud y de manera razonablemente rápida, como puede ser el SPSS).

Como para cualquier modelo, los parámetros del modelo logístico tienen que ser estimados usando la información que proveen los n sujetos (casos de edificios) incluidos en la muestra, para d de los cuales se produce el desenlace $Y = 1$, en tanto que para los $n-d$ restantes se produce $Y = 0$.

Es razonable pensar que para los d individuos que desembocan en la condición $Y = 1$ un buen modelo debe atribuir una alta probabilidad (P) de tener la enfermedad o de que un edificio se derrumbe, (idealmente 1, pero más objetivamente cercano a 1), mientras que para los otros $n-d$ sujetos o casos de edificios, éste debe producir una probabilidad estimada, $Y = 0$, muy baja de tener la condición o de que un edificio se derrumbe, es decir, un valor alto de $1 - P$.

2.3.3.4. Construcción y evaluación de modelos

Siempre que se ajusta un modelo de regresión, antes de sacar conclusiones, es la de corroborar que este modelo representa adecuadamente el proceso que se estudia y, que es realmente compatible con los datos usados. Para la conformación de modelos de una regresión logística, es útil utilizar herramientas como la Lejanía, la Razón de Verosimilitud, la Bondad de Ajuste y las Estrategias de selección de variables.

La función de verosimilitud, mide la plausibilidad del modelo y a la vez, la lejanía tiene este aspecto:

$$L = -2 \ln V$$

Ecuación 2.14. Lejanía (Silva 2004)

Se debe tener en cuenta que siempre que se ajusta un modelo, el algoritmo de la regresión logística computa dos lejanías, la que corresponde al modelo ajustado (L) y la que corresponde al modelo al modelo nulo (L_0).

La lejanía del modelo nulo es mayor que la de cualquier modelo ampliado o ajustado, es razonable, es más, la diferencia entre la lejanías mide el aporte que hacen las variables incorporadas al modelo ajustado. Su expresión matemática, tiene este aspecto:

$$RV = L_0 - L = -2\ln\left(\frac{V_0}{V}\right)$$

Ecuación 2.15. Diferencia entre lejanías (Silva 2004)

Que se distribuye Ji-cuadrado con k grados de libertad, donde k es el número de variables presentes en el modelo ampliado.

Existe otra vía para probar, en la regresión logística, si una variable independiente hace un aporte estadísticamente significativo a la “explicación” de la variable de respuesta sin tener que usar la razón de verosimilitudes. Este método es frecuentemente llamado “prueba de Wald”. Esta prueba permite contrastar si un coeficiente β es significativamente diferente a 0.

El estadígrafo para realizar la prueba de Wald se obtiene dividiendo la estimación del coeficiente de interés por su error estándar:

$$Z_{Wald} = \frac{b}{se(b)}$$

Ecuación 2.16. Estadígrafo para prueba de Wald (Silva 2004)

Donde $se(b)$ es el error estándar de b.

La razón de verosimilitudes y la prueba de Wald brindan resultados similares en muestras grandes. Para muestras no tan grandes puede ser más recomendable usar la razón de verosimilitudes.

Existen otros métodos para llegar a evaluar la bondad de ajuste, es decir, evaluar la calidad del ajuste de una regresión logística. Por ejemplo, el descrito por Silva y Barroso (2004), en el se utilizan los valores obtenidos y se calcula el estadígrafo de Hosmer y Lemeshow.

Para finalizar este apartado referente a la ciencia estadística, cabe destacar que no es objeto de esta tesis el estudio de la base de datos específicamente, a través de dicho método, pero sí se valora y recomienda su estudio en futuras tesis doctorales, así como el uso de programas estadísticos que incorporan la regresión logística como método de resolución al problema planteado.

2.4. Inteligencia artificial y sistemas expertos

2.4.1. Inteligencia artificial

Hasta no hace mucho tiempo, se creía que algunos problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de la voz y el de los patrones, ciertos juegos como el ajedrez o las damas, y sistemas altamente complejos del tipo determinista o estocástico, debían ser resueltos por personas, dado que su formulación y resolución requieren ciertas habilidades que sólo se encuentran en los seres humanos (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1995). Sin embargo, el trabajo realizado en las tres últimas décadas por investigadores procedentes de varios campos, muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas.

El amplio campo que se conoce como inteligencia artificial (IA) trata de estos problemas, que en un principio parecían imposibles, intratables y difíciles de formular utilizando ordenadores. A. Barr y E. A. Feigenbaum, dos de los pioneros de la investigación en IA, definen esta como sigue (Barr y Feigenbaum 1981):

“La Inteligencia Artificial es la parte de la Ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos a la inteligencia del comportamiento humano que se refiere a la comprensión del lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento y la resolución de problemas”.

Hoy en día, el campo de la IA engloba varias subtarefas tales como los sistemas expertos, la demostración automática de teoremas, el juego automático, el reconocimiento de la voz y de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial, la robótica, las redes neuronales, etc.

2.4.2. Sistemas expertos

En la literatura existente se pueden encontrar muchas definiciones de sistema experto. Por ejemplo, Stevens (1984) da la definición siguiente:

“Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo. Por ejemplo un sistema experto en diagnóstico médico requeriría como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos y otros hechos relevantes, y utilizando estos, buscaría en una base de datos la información necesaria para poder identificar la correspondiente enfermedad. Un sistema experto de verdad, no sólo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de tal forma tal que el resultado sea inteligible y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas”.

Como tal, un sistema experto debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones determinadas e inciertas, comunicar con los hombres y otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas, y explicar porque se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un sistema experto como un consultor que puede suministrar ayuda a los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad.

Un sistema experto puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1995).

Durante la década de los 90 se desarrollaron muy rápidamente numerosas aplicaciones de sistemas expertos en muchos campos. Durkin (1994) examina unos 2.500 sistemas expertos y los clasifica por criterios, tales como áreas de aplicación, tareas realizadas, etc. La economía, la industria, y la medicina continúan siendo los campos dominantes.

Los sistemas expertos tienen muchas aplicaciones, como por ejemplo:

Transacciones bancarias, control de tráfico, problemas de planificación, diagnósticos médicos...

Una aplicación importante de los sistemas expertos tiene lugar en el campo médico con el fin de diagnosticar una enfermedad ya que pueden ser utilizados para contestar a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede recoger, organizar, almacenar, poner al día y recuperar la información médica (por ejemplo, registros de pacientes) de una forma eficiente y rápida? Supóngase que un médico en un centro médico está interesado en conocer información sobre una cierta enfermedad y tres síntomas asociados. Se puede utilizar un sistema experto para buscar en la base de datos, extraer y organizar la información deseada.
- ¿Cómo se puede aprender de la experiencia? Es decir, ¿Cómo se actualiza el conocimiento de los doctores en medicina cuando el número de pacientes que estos tratan aumenta?
- Suponiendo que un paciente presenta un conjunto de síntomas, ¿Cómo se decide qué enfermedad es la que más probablemente tiene el paciente?
- ¿Cuáles son las relaciones entre un conjunto de enfermedades y un conjunto de síntomas? ¿Qué modelos pueden utilizarse para describir esas relaciones?
- Dado que el conjunto de síntomas conocidos no es suficiente para diagnosticar la enfermedad con cierto grado de certeza, ¿qué información adicional debe ser obtenida?
- ¿Cuál es el valor de cada una de estas variables de información? En otras palabras, ¿cuál es la contribución de cada uno de los síntomas adicionales o pruebas a la toma de decisión?

2.4.2.1. Ventajas del uso de un sistema experto

El desarrollo o la adquisición de un sistema experto es generalmente caro, pero el mantenimiento y el coste marginal de su uso repetido es relativamente bajo. Por otra parte, la ganancia en términos monetarios, tiempo, y precisión resultantes del uso de los sistemas expertos son muy altas, y la amortización es muy rápida. Sin embargo, antes de desarrollar un experto debe realizarse un análisis de factibilidad y de coste-beneficio. Hay varias razones para utilizar sistemas expertos. Las más importantes son:

- Con la ayuda de un sistema experto, personal con poca experiencia puede resolver problemas que requieren un conocimiento de experto. Esto es también importante en casos en los que hay pocos expertos humanos. Además, el número de personas con acceso al conocimiento aumenta con el uso de sistemas expertos.
- El conocimiento de varios expertos humanos puede combinarse, lo que da lugar a sistemas expertos más fiables, ya que se obtiene un sistema experto que combina la sabiduría colectiva de varios expertos humanos en lugar de la de uno solo.
- Los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano. Por ello, los sistemas son muy valiosos en casos en los que el tiempo de respuesta es crítico.
- En algunos casos, la complejidad del problema impide al experto humano resolverlo. En otros casos la solución de los expertos humanos no es fiable. Debido a la capacidad de los ordenadores de procesar un elevadísimo número de operaciones complejas de forma rápida y aproximada, los sistemas expertos suministran respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden.
- Los sistemas expertos pueden ser utilizados para realizar operaciones monótonas, aburridas e incómodas para los humanos. En verdad, los sistemas expertos pueden ser la única solución viable en una situación en la que la tarea a realizar desborda al ser humano.

El uso de los sistemas expertos se recomienda especialmente en las situaciones siguientes (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1995):

- Cuando el conocimiento es difícil de adquirir o se basa en reglas que solo pueden ser aprendidas de la experiencia.
- Cuando la mejora continua del conocimiento es esencial o cuando el problema está sujeto a reglas o códigos cambiantes.
- Cuando los expertos humanos son caros o difíciles de encontrar
- Cuando el conocimiento de los usuarios sobre el tema es limitado.

2.4.2.2. Componentes de un sistema experto

En la Figura 2.43 se muestran los componentes de un sistema experto.

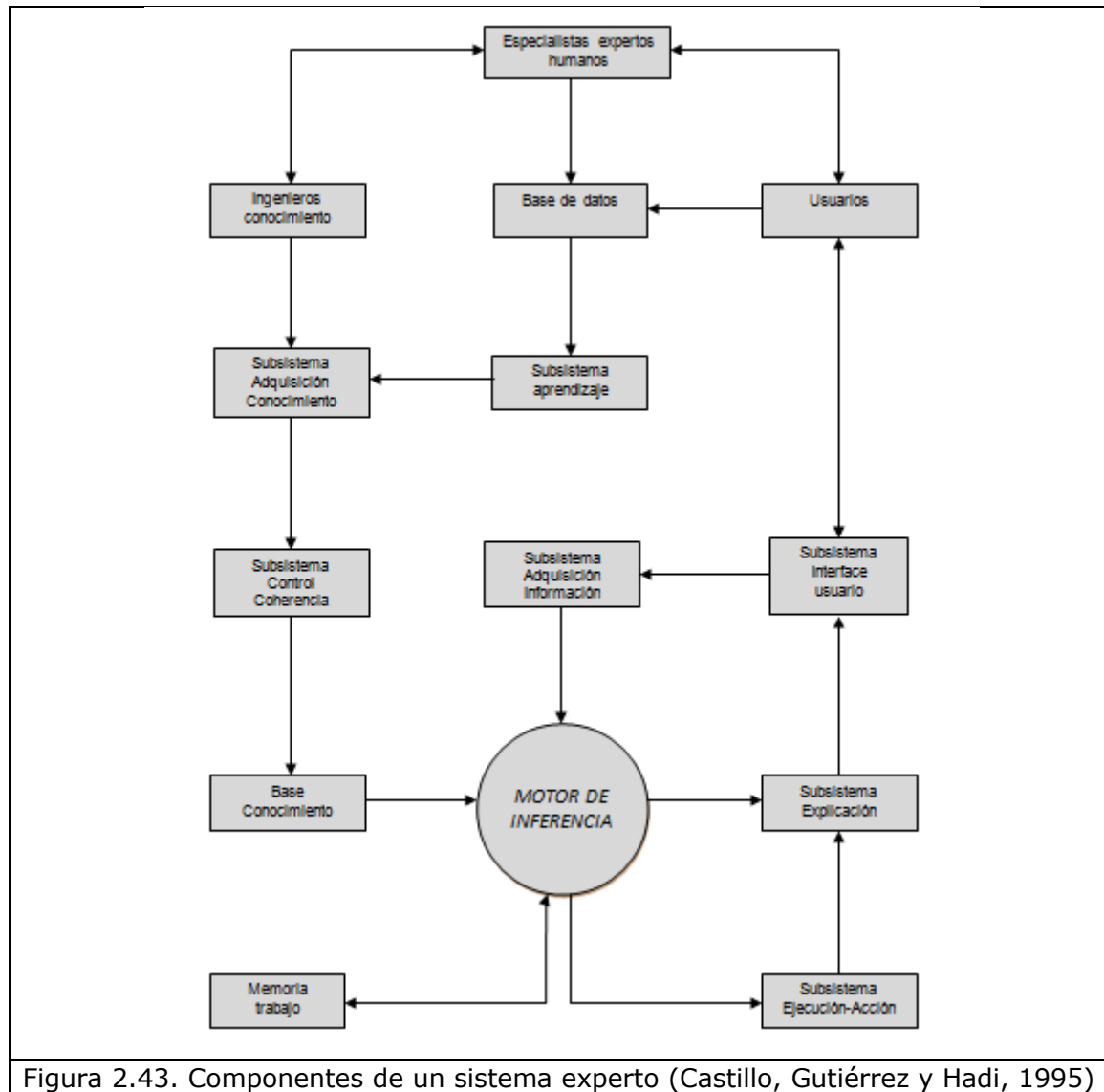


Figura 2.43. Componentes de un sistema experto (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1995)

2.4.2.2.1. El componente humano

Un sistema experto es generalmente el resultado de la colaboración de uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento, con los usuarios en mente. Los expertos humanos suministran el conocimiento básico en el tema de interés, y los ingenieros del conocimiento trasladan este conocimiento a un lenguaje, que el sistema experto pueda entender. La colaboración de los expertos humanos, los ingenieros del conocimiento y usuarios es, quizás, el elemento más importante en el desarrollo de un sistema experto.

2.4.2.2.2. La Base de Conocimiento

Los especialistas son responsables de suministrar a los ingenieros del conocimiento una base de conocimiento ordenada y estructurada, y un conjunto de relaciones bien definidas y explicadas. Esta forma estructurada de pensar requiere que los expertos humanos repiensen, reorganicen, y reestructuren la base de conocimiento y, como resultado, el especialista se convierte en un mejor conocedor de su propio campo de especialidad.

Hay que diferenciar entre datos y conocimiento. El conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, etc. Los datos se refieren a la información relacionada con una aplicación particular. Por ejemplo, en diagnóstico médico, los síntomas, las enfermedades y las relaciones entre ellos, forman parte del conocimiento, mientras los síntomas particulares de un paciente dado forman parte de los datos. Mientras el conocimiento es permanente, los datos son efímeros, es decir, no forman parte de la componente permanente de un sistema y son destruidos después de usarlos. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y los datos se almacenan en la memoria de trabajo. Todos los procedimientos de los diferentes sistemas y subsistemas que son de carácter transitorio se almacenan también en la memoria de trabajo.

2.4.2.2.3. Subsistema de Adquisición de Conocimiento

Controla el flujo del nuevo conocimiento que fluye del experto humano a la base de datos. El sistema determina qué nuevo conocimiento se necesita, o si el conocimiento recibido es en realidad nuevo, es decir, si debe incluirse en la base de datos y, en caso necesario, incorpora estos conocimientos a la misma.

2.4.2.2.4. Control de la Coherencia

Este subsistema es una componente esencial de un sistema experto. Controla la consistencia de la base de datos y evita que unidades de conocimiento inconsistentes entren en la misma. Por ello, sin un subsistema de control de la coherencia, unidades de conocimiento contradictorio pueden formar parte de la base de conocimiento, dando lugar a un comportamiento insatisfactorio del sistema.

2.4.2.2.5. El Motor de Inferencia

Es el corazón de todo sistema experto. El cometido principal de este componente es sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. Por ejemplo, en diagnóstico médico, los síntomas de un paciente (datos) son analizados a la luz de los síntomas, las enfermedades y de sus relaciones (conocimiento).

Las conclusiones del motor de inferencia pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico. Como puede esperarse, el tratamiento de situaciones de incertidumbre (probabilísticas) pueden ser considerablemente más difíciles que el tratamiento de situaciones ciertas (deterministas). En muchos casos, algunos hechos (datos) no se conocen con absoluta certeza, por ejemplo, piénsese en un paciente que no está seguro de sus síntomas. Puede darse el caso de tener que trabajar con conocimiento del tipo no determinista, es decir, de casos en los que se dispone sólo de información aleatoria o difusa. El motor de inferencia es también responsable de la propagación de este conocimiento incierto. De hecho, en los sistemas expertos basados en probabilidad, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia, que permite sacar conclusiones bajo incertidumbre. Esta tarea es tan compleja que da lugar a que esta sea probablemente el componente más débil de casi todos los sistemas expertos existentes.

2.4.2.2.6. El Subsistema de Adquisición de Conocimiento

Si el conocimiento inicial es muy limitado y no se pueden sacar conclusiones, el motor de inferencia utiliza el subsistema de adquisición de conocimiento para obtener el conocimiento necesario y continuar con el proceso de inferencia hasta que se hayan sacado conclusiones. En algunos casos, el usuario puede suministrar la información requerida para éste y otros objetivos. De ello resulta la necesidad de una interface de usuario y de una comprobación de la consistencia de la información suministrada por el usuario antes de introducirla en la memoria de trabajo.

2.4.2.2.7. Interface de Usuario

Es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Por ello, para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable. Un ejemplo de la información que tiene que ser mostrada tras el trabajo del motor de inferencia, es de las conclusiones, las razones que expliquen tales conclusiones y una explicación de las acciones incluidas en el sistema experto. Por otra parte, cuando el motor de inferencia no puede concluir debido, por ejemplo, a la ausencia de información, la interface de usuario es un vehículo para obtener la información necesaria del usuario. Consecuentemente, una implantación inadecuada de la interface de usuario que no facilite este proceso minaría notablemente la calidad de un sistema experto.

2.4.2.2.8. El Subsistema de Ejecución de Órdenes

Es el componente que permite al sistema experto iniciar acciones. Estas acciones se basan en las conclusiones sacadas por el motor de inferencia. Como ejemplos, un

sistema experto diseñado para analizar el tráfico ferroviario puede decidir retrasar o parar ciertos trenes para optimizar el tráfico global, o un sistema para controlar una central nuclear, puede abrir o cerrar ciertas válvulas, mover barras, etc., para evitar un accidente. La explicación de las razones por la que se inician estas acciones puede darse al usuario mediante el subsistema de explicación.

2.4.2.2.9. *El Subsistema de Explicación*

El usuario puede pedir una explicación de las conclusiones sacadas o de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por ello, es necesario un subsistema que explique el proceso seguido por el motor de inferencia o por el subsistema de ejecución. Por ejemplo, si un cajero automático decide rechazar la palabra clave (una acción), la máquina puede mostrar un mensaje (una explicación) como la siguiente:

“¡Lo siento! Su palabra clave es todavía incorrecta tras tres intentos. Retenemos su tarjeta de crédito, para garantizar su seguridad. Por favor, póngase en contacto con su banco en horas de oficina”.

2.4.2.2.10. *El Subsistema de Aprendizaje*

Una de las principales características de un sistema experto es su capacidad para aprender. Por aprendizaje estructural nos referiremos a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento (reglas, distribuciones de probabilidad, etc.). Por ello, el descubrimiento de nuevos síntomas relevantes para una enfermedad o la inclusión de una nueva regla en la base de conocimiento son ejemplos de aprendizaje estructural. Por aprendizaje paramétrico nos referimos a estimar los parámetros necesarios para construir la base de conocimiento. Por ello, la estimación de frecuencias o probabilidades asociadas a síntomas o enfermedades es un ejemplo de aprendizaje paramétrico.

Otra característica de los sistemas expertos es su habilidad para obtener experiencia a partir de los datos disponibles. Estos datos pueden ser obtenidos por expertos y no expertos y pueden utilizarse por el subsistema de adquisición de conocimiento y por el subsistema de aprendizaje.

De las componentes antes mencionadas puede verse que los sistemas expertos son capaces de realizar varias tareas. Estas tareas incluyen, pero no se limitan a las siguientes:

- ✓ Adquisición de conocimiento y la verificación de su coherencia, por lo que el sistema experto puede ayudar a los expertos humanos a dar conocimiento coherente.
- ✓ Almacenar (memorizar) conocimiento.
- ✓ Preguntar cuando se requiere nuevo conocimiento y de los datos disponibles.

- ✓ Realizar inferencia y razonamiento en situaciones deterministas y de incertidumbre.
- ✓ Explicar conclusiones o acciones tomadas.
- ✓ Comunicar con los expertos y no expertos humanos y con otros sistemas expertos.

Para el **Desarrollo de un Sistema Experto** se sugieren las siguientes etapas:

- ✓ Planteamiento del problema. La primera etapa en cualquier proyecto es normalmente la definición del problema a resolver. Puesto que el objetivo principal de un sistema experto es responder a preguntas y resolver problemas, esta etapa es quizás la más importante en el desarrollo de un sistema experto. Si el sistema está mal definido, se espera que el sistema suministre respuestas erróneas.
- ✓ Encontrar expertos humanos que puedan resolver el problema. En algunos casos, sin embargo, las bases de datos pueden jugar el papel del experto humano.
- ✓ Diseño de un sistema experto. Esta etapa incluye el diseño de estructuras para almacenar el conocimiento, el motor de inferencia, el subsistema de explicación, la interface de usuario, etc.
- ✓ Elección de la herramienta de desarrollo. Debe decidirse si realizar un sistema experto a medida, o utilizar una herramienta.
- ✓ Desarrollo y prueba de un prototipo. Si el prototipo no pasa las pruebas requeridas, las etapas anteriores deben ser repetidas hasta que se obtenga un prototipo satisfactorio.
- ✓ Refinamiento y generalización. En esta etapa se corrigen los fallos y se incluyen nuevas posibilidades no incorporadas en el diseño inicial.
- ✓ Mantenimiento y puesta al día. En esta etapa el usuario plantea problemas o defectos del prototipo, corrige errores, actualiza el producto con nuevos avances.

2.4.2.3. Tipos de sistemas expertos

Principalmente existen tres tipos de sistemas expertos:

- Basados en reglas, aplicando reglas heurísticas apoyadas generalmente en lógica difusa para su evaluación y aplicación.
- Basado en probabilidad o redes bayesianas, aplicando la probabilidad, redes bayesianas basadas en estadística y en el teorema de Bayes.
- Basado en casos o CBR, aplicando el razonamiento basado en casos, donde la solución a un problema similar planteado con anterioridad se adapta al nuevo problema.

2.4.2.3.1. Sistemas expertos basados en reglas

En nuestra vida diaria nos encontramos con diversas situaciones complejas gobernadas por Sistemas Expertos Basados en Reglas: sistemas de control de tráfico, cajeros automáticos, etc. En estos casos, la base de conocimiento, contiene un conjunto de reglas que definen el problema, y el motor de inferencia saca las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas. Una introducción general a los sistemas expertos basados en reglas, puede encontrarse, por ejemplo, en Castillo y Álvarez (1991), Chris Naylor (1984), Carbó, Molina y Martínez (2005).

En los sistemas basados en reglas intervienen dos elementos importantes: la base de conocimiento y los datos. Los datos están formados por la evidencia o los hechos conocidos en una situación particular. Este elemento es dinámico, es decir, puede cambiar de una aplicación a otra. Por esta razón, no es la naturaleza permanente y se almacena en la memoria de trabajo.

En situaciones deterministas, las relaciones entre un conjunto de objetos pueden ser representadas mediante un conjunto de reglas. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y consiste en un conjunto de objetos. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y consiste en un conjunto de objetos y un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre esos objetos. La información almacenada en la base de conocimiento es de naturaleza permanente y estática, es decir, no cambia de una aplicación a otra, a menos que se incorporen al sistema experto elementos de aprendizaje.

Una definición correcta de regla, es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos "y", "o", o "no".

Una regla se escribe normalmente como "Si premisa, entonces conclusión", (Si A o B, entonces C).

2.4.2.3.2. Sistemas expertos basados en probabilidad

Volviendo al tipo de situación descrita, una situación determinista no es la única, de hecho, la situación más común es no determinista, puesto que los objetos y las reglas no tienen en cuenta ningún tipo de incertidumbre. Por ejemplo, una pregunta típica de diagnóstico médico es: dado que el paciente presenta un conjunto de síntomas, ¿Cuál de las enfermedades posibles es la que tiene el paciente? Esta situación implica un cierto grado de incertidumbre puesto que:

- ✓ Los hechos o datos pueden no ser conocidos con exactitud. Por ejemplo, un paciente puede no estar seguro de haber tenido fiebre la noche pasada.
- ✓ El conocimiento no es determinista. Por ejemplo, las relaciones entre las enfermedades y los síntomas no son deterministas, puesto que un mismo conjunto de síntomas puede estar asociado a diferentes enfermedades.

Por ello, es clara la necesidad de contar con sistemas expertos que traten situaciones de incertidumbre. Este tipo de sistemas son los sistemas expertos basados en probabilidad.

El núcleo de los sistemas expertos basados en reglas es el conjunto de reglas que describen las relaciones entre los objetos o variables. En los sistemas expertos probabilísticos las relaciones entre las variables se describen mediante su función de probabilidad conjunta. Por ello, la función de probabilidad conjunta forma parte de lo que se llama conocimiento. Por tanto, el funcionamiento del sistema experto depende de la correcta definición de la función de probabilidad conjunta que define el modelo probabilístico. Con el fin de que el proceso de definición del modelo sea lo más preciso posible, es conveniente seguir los siguientes pasos:

- Planteamiento del problema. Este paso es crucial para el desarrollo del modelo, un mal planteamiento inicial tiene consecuencias fatales para el modelo desarrollado.
- Selección de variables. Se seleccionarán las variables más relevantes eliminando las redundantes. Por ejemplo, en un problema de diagnóstico médico se elegirán aquellos síntomas que mejor discriminen el conjunto de enfermedades dado.
- Adquisición de información relevante. La información puede ser cuantitativa o cualitativa, obtenida de un experto, o de una base de datos... Esta información deberá ser cuidadosamente analizada utilizando técnicas de diseño experimental apropiadas.
- Construcción del modelo probabilístico. Una vez que se conoce un conjunto de variables relevantes para el problema a analizar, y que se ha adquirido suficiente información para su definición, el siguiente paso consiste en la definición de una función de probabilidad conjunta que describa las relaciones entre las variables.

Para una correcta definición de la función de probabilidad, se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- La bondad de los resultados del sistema experto dependerá de la precisión con que se haya definido la función de probabilidad conjunta.
- La estructura de la función de probabilidad conjunta (es decir, la estructura de dependencia e independencia entre las variables) no suele ser conocida en la práctica. Por tanto habrá de ser inferida del conjunto de datos obtenidos previamente.
- La estructura del modelo probabilístico puede depender de un número muy elevado de parámetros que complican su definición. Cuanto mayor sea el número de parámetros más complicada será la asignación de valores numéricos concretos en el proceso de definición del modelo.

Los sistemas expertos probabilísticos pueden utilizarse para resolver problemas en los que aparecen incertidumbres a la hora de estudiarlos, pueden:

- ✓ Memorizar, almacenar y recuperar información.

- ✓ Contar o calcular las frecuencias de cualquier subconjunto de variables a partir de la base de datos. Estas frecuencias pueden utilizarse para calcular las probabilidades condicionales.
- ✓ Aprender de la experiencia. Tan pronto como un caso nuevo de edificio encontrado es examinado y diagnosticado, se añade la información a la base de datos y se cambian las frecuencias como corresponda.
- ✓ Tomar decisiones (o ayudar a los expertos humanos a tomarlas).

2.4.2.3.3. *Sistemas expertos basados en casos*

El CBR es una aproximación al desarrollo los Sistemas basados en el Conocimiento (KBS) (Díaz-Agudo 2002). El origen de los KBS data de principios de la década de los 70, cuando algunos investigadores observaron que los métodos y técnicas de búsqueda generales desarrollados durante la década anterior resultaban insuficientes para resolver problemas con cierto grado de dificultad. En lugar de la tendencia hasta ese momento, de manejar conocimiento de naturaleza genérica, es decir aplicable a varios dominios, convinieron en la alternativa de disponer de conocimiento específico sobre el dominio de aplicación particular que fuese de interés en cada aplicación concreta. Desde sus comienzos, los KBS han sido un área fundamental de la IA con un gran impacto tanto en el ámbito de investigación como en la industria.

En el marco de las Tecnologías de la Información, es habitual distinguir entre sistemas convencionales y KBS como productos respectivos de dos Ingenierías distintas: la del Software y la del Conocimiento. Los problemas objeto de la Ingeniería del Software son sistemáticos, procedimentales y con resolución algorítmica, mientras que la Ingeniería del Conocimiento aborda problemas de resolución eminentemente heurística. Dicho de otro modo, los sistemas convencionales suelen aplicarse en dominios relacionados con el tratamiento eficaz de los datos e involucran un conjunto de instrucciones que generan una solución única y correcta, mientras que los basados en conocimiento abordan problemas que requieren inteligencia y conocimiento especializado, para lo que no existe una solución algorítmica o ésta es demasiado compleja o ineficiente.

El comportamiento inteligente de un KBS se obtiene mediante un motor de inferencias que manipula cierto conocimiento representado en una base de conocimiento para solucionar un problema dado. El motor de inferencias contiene conocimiento específico sobre el dominio del problema. Precisamente el poder de los KBS proviene de esta separación del conocimiento respecto a cómo se utiliza, lo que permite desarrollar aplicaciones en las que la técnica de razonamiento genérico no se modifica, es decir, únicamente se debe codificar la base de conocimiento del dominio de aplicación.

La misión principal de la Ingeniería de Conocimiento es la de adquirir, conceptualizar, formalizar y utilizar conocimiento específico para la resolución de una tarea. Gómez et al. (1997) definen la Ingeniería del Conocimiento como:

“El conjunto de principios, métodos y herramientas que permiten aplicar el saber científico y de experiencia a la utilización del conocimiento y de sus fuentes, mediante construcciones útiles para el hombre. Es decir, la Ingeniería del Conocimiento encara el problema de construir sistemas computacionales con pericia, aspirando primero a adquirir los conocimientos de distintas fuentes y, en particular, a educir los conocimientos de los expertos y luego a organizarlos en una implementación efectiva”

El termino KBS se ha utilizado frecuentemente como sinónimo del término Sistema Experto. En general un KBS es cualquier sistema que se basa en la representación explícita y el uso de conocimiento sobre un cierto dominio de aplicación. Existen tres conceptos fundamentales que caracterizan a los KBS:

- La separación del conocimiento de cómo este es utilizado.
- El uso del conocimiento del dominio.
- La naturaleza heurística frente a la algorítmica del conocimiento empleado.

Existen otros trabajos, por ejemplo Gómez et al. (1997), que consideran los Sistemas Expertos como un caso particular de KBS en los que el conocimiento representa la experiencia de un experto humano. Este conocimiento se integra dentro de un sistema computacional capaz de resolver problemas complejos que normalmente requieren un alto nivel de experiencia humana.

Relacionado con distintos tipos de expertos existen varios tipos de experiencia o conocimiento. Por ejemplo, el conocimiento llamado asociativo, consiste en relaciones causa-efecto que se originan de las experiencias pasadas del experto en cuestión y que generalmente se llaman heurísticas. Una heurística es cualquier estrategia o truco utilizado para mejorar la existencia de un sistema. Las heurísticas presentan un margen de error ya que no representan un análisis exhaustivo del problema, aunque representan una elección aceptable cuando el número de posibilidades a examinar es muy grande o involucran una función algorítmica muy compleja o desconocida. Otro tipo de expertos, más científicos poseen un conocimiento más teórico y profundo del dominio, lo que les permite resolver problemas que nunca han resuelto previamente. Este tipo de conocimiento es difícil de duplicar en un KBS, aunque los llamados sistemas de razonamiento basado en modelos encapsulan este tipo de conocimiento complejo y razonan con él.

Como se ha descrito anteriormente, el núcleo de los KBS es el conocimiento del dominio representado explícitamente con el que el sistema puede razonar. Sin embargo para obtener un comportamiento inteligente no basta con la representación explícita del conocimiento por sí sola, es necesario además organizarlo de manera efectiva y razonar de forma que recuperemos el conocimiento adecuado en el momento preciso. Es decir, el éxito de una aproximación al razonamiento basado en conocimiento depende tanto de los procesos que manejan el conocimiento como del conocimiento en sí mismo.

Los KBS pueden utilizar variaciones de los esquemas clásicos de representación de conocimiento: lógica, redes, reglas asociativas, marcos y objetos. El núcleo del proceso de desarrollo de los KBS, y en concreto de los Sistemas Expertos, es la

transferencia y transformación de la experiencia en resolver problemas de una fuente de conocimiento (típicamente un experto) a un programa.

En la comunidad de Sistemas expertos se ha definido la figura del Ingeniero del conocimiento como el responsable de interrogar a los expertos para obtener el conocimiento con el que razonará el sistema. Idealmente, un Ingeniero del conocimiento mantendrá una serie de entrevistas con uno o más expertos donde obtendrá la información necesaria para desarrollar un modelo conceptual que luego explicitará en algún marco de representación. Sin embargo en la práctica, este proceso está lleno de interrogantes: ¿Hay algún experto dispuesto a dedicar el tiempo necesario para sacar a la luz el conocimiento? ¿El experto y el Ingeniero del conocimiento se entienden? ¿El Ingeniero del conocimiento es capaz de captar todas las sutilezas del dominio para poder representarlas? ¿Es posible formalizar el conocimiento?

Las metodologías de desarrollo de KBS a menudo contemplan una etapa extensa e importante que se encarga de la adquisición de conocimiento. En concreto, no resulta un proceso sencillo trasladar el conocimiento de un experto humano a una representación abstracta o conceptualización efectiva, así como tampoco la representación del conocimiento en términos de estructuras de información procesables automáticamente. Según la naturaleza y tipo de conocimiento involucrado, para sistemas que no requieran modelos exhaustivos de comportamiento, algunas metodologías de diseño de KBS suavizan el coste de adquisición de conocimiento basándose en la reutilización de componentes.

El CBR facilita la adquisición de conocimiento, en primer lugar, porque a los expertos les resulta más sencillo contar experiencias (casos ocurridos) que proporcionar reglas de aplicación general. En principio, un sistema CBR, para empezar a funcionar, sólo necesita un conjunto de problemas resueltos que, serán proporcionados por expertos o incluso pueden estar disponibles porque en el dominio en cuestión se realice algún tipo de registro, por ejemplo un archivo de casos clínicos. En este contexto, el experto se limitará a proporcionar el conocimiento de similitud entre problemas junto con el conocimiento necesario para adaptar la solución de un problema a otro parecido. El CBR alivia el problema de la adquisición de conocimiento ya que los modelos de conocimiento utilizados son más ligeros que los de un sistema equivalente que se base en un modelo exhaustivo de comportamiento.

2.4.2.4. El razonamiento basado en casos (CBR)

El CBR es una aproximación al desarrollo de KBS que se basa en almacenar, recuperar y reutilizar las soluciones a problemas parecidos previamente resueltos, en lugar de generar soluciones basadas en un modelo exhaustivo de comportamiento. Las raíces del CBR hay que buscarlas en ciertos resultados de psicología donde se demuestra que, en muchas ocasiones, los seres humanos resolvemos problemas en base a nuestras experiencias pasadas y no a partir de un conocimiento profundo del problema en cuestión. Los médicos, por ejemplo, buscan conjuntos de síntomas conocidos, los ingenieros toman muchas ideas de soluciones

previas ya construidas con éxito, o los programadores expertos reutilizan esquemas más o menos abstractos de las soluciones que conocen.

Además de ser una técnica psicológicamente plausible para modelar el razonamiento humano, desde un punto de vista más técnico, el CBR representa una posible solución al problema de la adquisición de conocimiento subyacente a los KBS tradicionales.

Un sistema CBR necesita una colección de experiencias, llamadas casos, almacenadas en una base de casos, donde cada caso se compone generalmente de una descripción del problema y la solución que se aplicó. Las hipótesis fundamentales en las que se basa el CBR son, primero, que un sistema o un ser humano pueden ser un resolutor de problemas eficiente y efectivo sin necesidad de poseer un conocimiento completo de la relación que existe entre un problema y su solución, siempre y cuando tenga suficiente experiencia. Y segundo, que los problemas tienden a repetirse y, por ello, la experiencia es un recurso útil.

Otro aspecto favorable del CBR como tecnología para el desarrollo de KBS es que facilita el aprendizaje. En su expresión más sencilla, un sistema CBR puede aprender por simple acumulación de casos; esto es, cada nuevo problema que se plantea al sistema, una vez resuelto, puede incorporarse directamente como un nuevo caso. Parece claro que resulta más sencillo recordar los problemas que se han ido resolviendo que generar nuevas reglas que enriquezcan el modelo de comportamiento.

Otras ventajas del CBR son que permite construir razonadores más eficientes, puesto que suele ser menos costoso modificar una solución previa que construir una nueva solución desde cero. Los casos pueden proporcionar también información negativa alertando sobre posibles fallos y facilitando el mantenimiento de la base de conocimiento, ya que los usuarios pueden añadir nuevos casos sin ayuda de los expertos. Resulta más sencillo conseguir que los usuarios acepten las sugerencias del sistema que están avaladas por una situación previa.

En resumen, el CBR se considera especialmente adecuado en dominios poco formalizados y donde el aprendizaje juega un papel importante. Si es posible construir fácilmente un modelo formal de comportamiento de un determinado dominio entonces el CBR pierde sentido, ya que el modelo general se supone que permite resolver cualquier problema, mientras que un sistema CBR solo proporciona variaciones de problemas ya resueltos y almacenado en la base de casos. Por el contrario, si ese modelo no existe, o es demasiado costoso de obtener, el CBR puede ser una aproximación efectiva para resolver problemas típicos, facilitando además la adquisición de conocimiento en forma de nuevos casos.

Díaz-Agudo (2002) describe una serie de características que permiten identificar los dominios en los que una aproximación basada en casos tiene probabilidades de éxito:

- A los expertos no les resulta sencillo dar reglas de comportamiento aunque si proporcionar ejemplos. Los expertos saben a qué se refieren cuando

hablan de casos, suelen comparar un problema nuevo con casos pasados y resuelven problemas adaptando las soluciones de casos pasados.

- Habitualmente en el proceso de formación se utilizan casos en las explicaciones. Existen casos disponibles documentados en bibliografía, internet y en la experiencia de los expertos.
- Se pueden obtener nuevos casos de la resolución de los nuevos problemas ya que el resultado de estos se puede clasificar como éxito o fracaso.
- Es posible comparar los casos y adaptarlos de manera efectiva. Los casos se pueden generalizar en alguna medida y es posible abstraer sus características relevantes.
- Los casos mantienen su vigencia durante bastante tiempo, es decir, los problemas tienden a repetirse.

2.4.2.4.1. Fundamentos del CBR

El CBR está inspirado, en gran medida, en el papel que juega el recuerdo en el razonamiento humano. Así pues, el CBR es un mecanismo de razonamiento que se basa en recordar situaciones o experiencias (casos) similares acontecidas en el pasado y almacenadas en una base de experiencias, y adaptar la lección extraída de ellas a la situación actual (Díaz-Agudo 2002). Los dos pilares del enfoque del CBR son dos suposiciones fundamentales acerca de la naturaleza del mundo:

- Su regularidad. De situaciones similares se extraen conclusiones y se aprenden lecciones similares. En consecuencia, las conclusiones y las lecciones que acompañan experiencias previas pueden ser la base de las que correspondan a una situación nueva.
- La recurrencia de las experiencias. Es altamente probable que las situaciones futuras sean variantes de las actuales.

Admitiendo la suposición básica de que “problemas parecidos tienen soluciones parecidas” y que “los nuevos problemas son similares a problemas previamente resueltos”, la resolución de problemas basada en casos saca partido de las relaciones entre dos tipos de similitud. Estos tipos de similitud se aplican a dos espacios diferentes, el espacio de la descripción de los problemas y el espacio de las soluciones a los problemas. La Figura 2.44 muestra el papel que juegan dichas similitudes en el proceso de generación de soluciones.

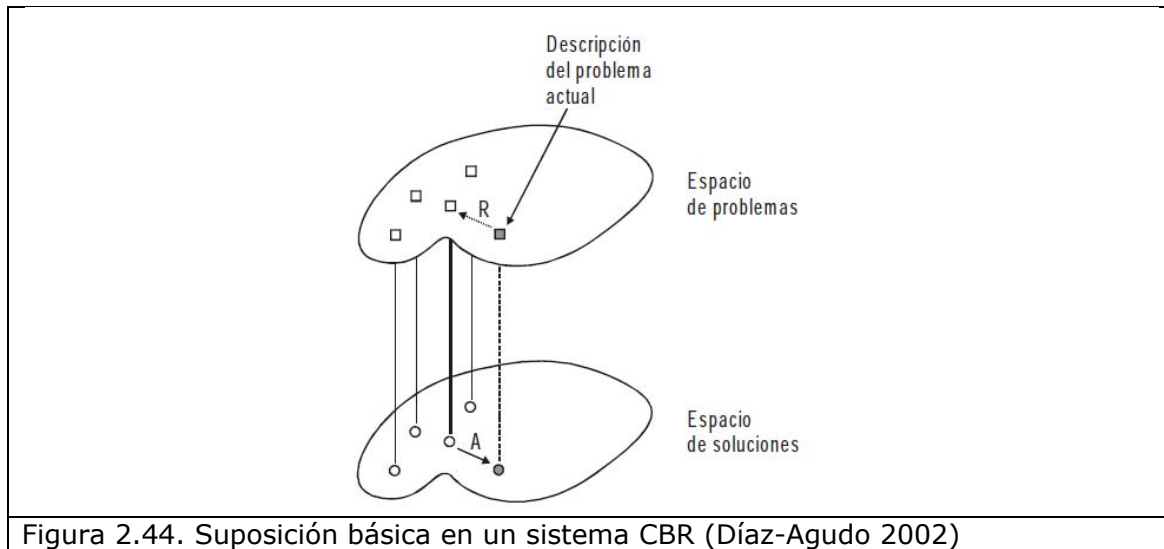


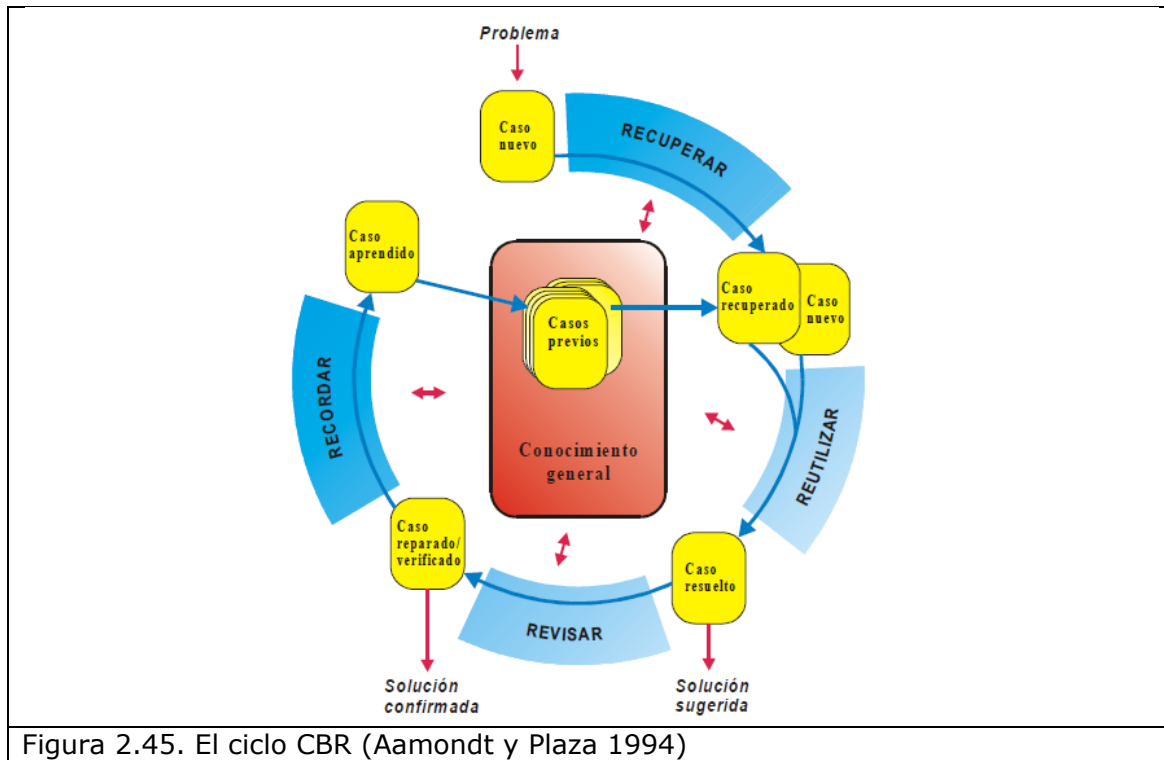
Figura 2.44. Suposición básica en un sistema CBR (Díaz-Agudo 2002)

La suposición anterior depende directamente de las características que se utilicen para describir estos problemas en el espacio de descripción de los problemas. El sistema de CBR identifica un problema previo cuya descripción sea la más similar a la del nuevo en función de las características representadas. En concreto, de aquellas características más relevantes que serán identificadas como índices para guiar el proceso de recuperación. La solución del problema considerado más similar se utiliza como punto de partida para generar la solución al nuevo problema, solución que no deberá ser muy diferente al inicial.

En todo momento se ha hablado de utilizar experiencias similares. La característica común a todos los sistemas de CBR es el hecho de llevar a cabo una localización aproximada de experiencias previas y una selección de la mejor de ellas en base a la similitud con la nueva situación. En consecuencia, la información con la que debe contar un sistema de CBR no es únicamente la almacenada en los casos. Se necesita también, a menos, conocimiento relativo al cálculo de la similitud. Y esto es así independientemente de la aplicación concreta del sistema CBR.

2.4.2.4.2. El ciclo CBR

La resolución de problemas en CBR se realiza de la siguiente forma: ante la descripción de un nuevo problema, consulta, se recupera uno o varios casos previos parecidos al problema actual. En base a las diferencias entre la descripción de los casos pasados y el problema actual, se adapta la solución del caso resuelto para obtener la solución del caso actual. A continuación se revisa la solución y se aprende el nuevo caso junto con la solución revisada. Es decir, el ciclo CBR consta de cuatro procesos básicos y se representa como muestra la Figura 2.45.



A continuación se describen las cuatro fases o procesos del ciclo CBR:

- **La recuperación de los casos similares.** La construcción de formalismos de representación de los casos que faciliten el cálculo de la similitud junto con la eficiencia de la recuperación. Los casos se ordenan por similitud. Es una de las áreas de investigación más activas en CBR y en la que se han obtenido más resultados.
- **La reutilización o adaptación** se hace necesaria cuando la solución recuperada no es directamente aplicable al problema en curso. La adaptación puede ir desde un simple ajuste de parámetros mediante la aplicación de ciertas formulas, hasta el uso de modelos complejos de comportamiento.
- **La fase de revisión** se encarga de validar, y reparar en su caso, la solución propuesta. La fase de validación suele realizarse de manera externa al sistema o utilizando modelos más completos que aquellos que el sistema utiliza para la adaptación.
- **El recuerdo de nuevos casos** es una parte importante de un sistema CBR donde el aprendizaje continuado es una de las ventajas fundamentales. A medida que aumenta el número de casos se plantean cuestiones de eficiencia ya que los procesos son más lentos cuantos más casos hay y es necesario ser más crítico a la hora de decidir qué casos se incluyen en el sistema. En la literatura reciente se describen técnicas de mantenimiento de bases de casos que eliminan casos poco utilizados.

La forma en que se representan los casos, como se determina la solicitud, como se realiza la adaptación y como se decide cuantos casos ha que almacenar para conseguir una cobertura suficiente del dominio de aplicación, son cuestiones que están íntimamente relacionadas entre sí. Por ejemplo, cuanto mayor sea la

capacidad de adaptación del sistema, menos casos se deberán almacenar. Además, cuanto más conocimiento de adaptación, menos conocimiento de similitud es necesario.

2.4.2.4.3. Conocimiento en un CBR

El núcleo de conocimiento de un sistema CBR está formado por la base de casos. Sin embargo, en la Figura 2.45 se aprecia que el conocimiento almacenado en los casos no es el único con el que cuenta un sistema CBR, ya que los casos aparecen embebidos en algún tipo de conocimiento general. Este conocimiento se entiende como cualquier información del sistema que no se encuentra recogida en forma de casos y que interviene en los distintos procesos del ciclo CBR, pudiendo variar su importancia en distintas aproximaciones al CBR.

La comunidad de CBR ha ido desarrollando diversos métodos para la resolución de los procesos del ciclo CBR en distintos dominios, para distintos tipos de aplicaciones y, haciendo uso de distintos tipos de conocimiento. El conocimiento involucrado en los procesos del ciclo CBR de la Figura 2.45 ha sido clasificado en términos de los siguientes contenedores:

- El conocimiento ontológico o vocabulario del dominio, que incluye la terminología utilizada en los casos, y los atributos y los valores permitidos para ellos.
- Los casos, que son el corazón del CBR, descritos con esa terminología.
- Las medidas de similitud y otros criterios de búsqueda. Este conocimiento puede estar representado de forma explícita, en forma de jerarquías conceptuales que expliciten la relación entre los elementos del dominio o de parámetros para pesar los atributos, o puede estar oculto dentro del algoritmo de recuperación
- El conocimiento de adaptación o de transformación de la solución. Algunos sistemas usan conocimiento para verificar la utilidad de un caso elegido y adaptado, aplicando los pasos de la solución del caso elegido al problema consulta.

Todos los sistemas CBR comparten la representación explícita de los casos. Sin embargo, el resto del conocimiento puede formar parte, de forma implícita, de los algoritmos que resuelven los procesos CBR o estar representado de forma explícita como un depósito de conocimiento general sobre el dominio que es utilizado por los algoritmos. Realmente este conocimiento general del dominio que da soporte a los procesos CBR puede ser de muy distinta naturaleza, variar en el grado de completitud y representarse de diversas formas: modelos causales, modelos de comportamiento, heurísticas, restricciones, modelos terminológicos y jerarquías conceptuales (Aamondt 2000).

Los casos: El principal activo de un sistema CBR es la base de casos. Un caso es un fragmento contextualizado de conocimiento que representa una experiencia que enseña una lección importante para conseguir los objetivos del razonador.

De esta definición de desprenden varias ideas. Un caso contiene información útil en un contexto concreto, el problema es identificar los atributos que caracterizan al contexto y detectar cuando dos contextos son similares. Un caso es una experiencia que enseña algo, ya que puede haber experiencias que no aporten nueva información al sistema, lo cual plantea el problema de identificar cuando dos casos superficialmente distintos, contienen información redundante entre sí. También destacar que lo que un caso enseña es relativo a unos determinados objetivos y, por lo tanto, un caso puede ser útil o inútil dependiendo del objetivo, o resultar útil para distintos fines.

En su forma más general un caso se compone de:

- La descripción de un problema, ya sea la información de interpretar, el problema de planificación a resolver o el artefacto a diseñar. Es la parte del caso que codifica el estado del mundo en el que comienza el razonamiento. Puede estar constituido por los objetivos, las restricciones impuestas sobre los objetivos y cualquier otro tipo de característica que limite el contexto al que es aplicable la solución del caso.
- La descripción de una solución asociada al caso representa el conocimiento necesario para alcanzar los objetivos que aparecen en la descripción del caso, teniendo en cuenta las restricciones especificadas y el resto de características contextuales, si las hay. Las soluciones pueden adoptar formas muy diversas, desde el artefacto a diseñar, si se trata de un problema de diseño, hasta un plan de actuación, si se trata de un problema de planificación. Un enfoque alternativo consiste en representar no objetos o acciones concretas (soluciones reales) sino trazas que indican como se ha llegado a las soluciones. En ocasiones puede resultar interesante representar los dos tipos de solución.
- El resultado de aplicar la solución. Teniendo en cuenta que una determinada solución puede fallar, interesa guardar no solo las soluciones que funcionan sino también aquellas otras que fallaron, ya que ambas contienen información útil que permitirá repetir las soluciones exitosas, y evitar la repetición de las fallidas. El resultado del caso especifica las restricciones producidas como consecuencia de la adopción de la solución propuesta para el problema especificado.

Dentro de esta estructura general, podemos encontrar sistemas donde los casos solo contienen problema y solución, o incluso aquellos otros donde no se hace una distinción explícita entre las partes de un caso, sino que cada caso está descrito por un conjunto de atributos y una consulta solo contiene una parte de ellos, de forma que el problema son los atributos incluidos en la consulta y la solución los que no están. Este es el esquema típico por ejemplo en las aplicaciones de diseño.

Además de los casos generalmente un sistema CBR incluye otros tipos de conocimiento general. Aunque el origen, tipo y uso de este conocimiento varía considerablemente entre distintos sistemas y tipos de CBR, existe acuerdo que como mínimo se debe incluir conocimiento de similitud que permita, ante un nuevo problema, seleccionar el caso, o casos, más similares según ciertos criterios que permiten su reutilización en la resolución del nuevo problema.

La recuperación del caso o casos más adecuados para una cierta situación requiere ser capaz de llevar a cabo un proceso de encaje parcial entre los casos. En general este encaje no es perfecto porque por un lado las características que describen los casos pueden no ser exactamente las mismas, y por otra parte, los valores de las características en general tampoco coinciden exactamente, aunque pueden ser más o menos parecidos. Por esta razón la aproximación normal es definir algún modo de medir la similitud entre los casos.

La similitud: la similitud debe modelar la utilidad de un caso previo para resolver el problema actual. Sin embargo, este planteamiento es en principio paradójico ya que dos casos se deben considerar similares si la solución de uno permite obtener fácilmente la solución del otro. Sin embargo, esto sólo se puede saber después de que se haya intentado reutilizar la solución, y para ello es necesario haber elegido el caso más similar. Esta paradoja se resuelve mediante la suposición básica en los sistemas CBR de que si dos problemas tienen descripciones parecidas, entonces sus soluciones también lo serán.

Dependiendo del tipo de información que se represente, existen distintas técnicas estándar para la definición de medidas de similitud. Considerando que un caso viene descrito por un conjunto de atributos, la aproximación más básica para el cálculo de la similitud consiste en contabilizar los valores iguales en los atributos comunes de los casos a comparar.

Sin embargo, las cosas no son tan simples. En primer lugar, se suele distinguir entre funciones de similitud local, que calculan la similitud entre los valores del mismo atributo en dos casos distintos, y funciones de similitud global, que combinan los resultados de aplicar ciertas funciones de similitud local a todos los atributos de los casos que estamos comparando.

En cuanto a la definición de medidas de similitud local, hay que considerar qué tipo de atributos estamos comparando: números, símbolos o estructuras complejas y si cada atributo puede tomar un valor, univaluada, o varios simultáneamente, multivaluada. Otra estrategia habitual para definir medidas de similitud entre atributos simbólicos consiste en construir una Tabla de similitudes donde se recoja explícitamente la similitud entre cada par de valores.

Respecto a las funciones de similitud global la forma general se representa en la Ecuación 2.17.

$\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p sim_i(a_i, b_i)$	$\frac{1}{p} \left[\sum_{i=1}^p [sim_i(a_i, b_i)]^r \right]^{\frac{1}{r}}$
Bloques	Minkowski
$\sum_{i=1}^p w_i sim_i(a_i, b_i)$	$\left[\sum_{i=1}^p w_i [sim_i(a_i, b_i)]^r \right]^{\frac{1}{r}}$
Bloques ponderada	Minkowski ponderada

$\frac{1}{p} \left[\sum_{i=1}^p [sim_i(a_i, b_i)]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\max_{i=1,p} [w_i sim_i(a_i, b_i)]$
Euclídea	Máximo
$\frac{\sum_{i=1}^p sim_i(a_i, b_i)}{p}$	$\min_{i=1,p} [w_i sim_i(a_i, b_i)]$
Media aritmética	Mínimo
Donde $\sum_{i=1}^p w_i = 1$	
$Sim(A, B) = F(sim_1(a_1, b_1), sim_2(a_2, b_2), \dots, sim_p(a_p, b_p))$	
Ecuación 2.17. Funciones de similitud global $SIM(A, B)$ (Díaz-Agudo 2002)	

Estas son algunas funciones de similitud. Existen otras como Euclídea al cuadrado, varianza, Lance y Williams, Mahalanobis... En la Ecuación 2.17, A y B son dos casos y sim_i es la función de similitud local que se aplica para comparar los valores del atributo i .

La organización de la base de casos: Una vez se ha decidido qué información se incluye en cada caso y cómo representarla, queda citar el tema de la organización del conjunto de casos de forma que se facilite el acceso a los mismos. La indexación de la memoria de casos conlleva dos tareas: determinar o asignar los índices de los casos y organizar dichos índices.

Como ya se ha descrito, las funciones de similitud indican como comparar dos casos, pero existe un segundo ingrediente en el conocimiento de similitud referido a qué se debe comparar. De entre todos los atributos de un caso, el diseñador de un sistema CBR debe decidir cuales se deben utilizar en el cómputo de la similitud, es decir, debe elegir un conjunto de índices que guíen el proceso de recuperación y cálculo de similitud, y la organización de la base de casos debe conseguir que los casos similares se localicen eficientemente.

Asignación de índices (campos clave): del conjunto de atributos que se utiliza para describir el problema abordado por los casos, hay que decidir cuáles son (si no son todos) los que van a actuar como índices para los casos, es decir, a través de cuales va a ser posible localizar los casos relevantes para solucionar un nuevo problema. En consecuencia, los índices de los casos sirven para distinguir unos casos de otros, para predecir la utilidad de los casos. La característica fundamental de un índice es que sea predictivo, esto es, que permita identificar las situaciones en las que los casos puedan aportar información útil.

Se puede decir entonces que la información contenida en la descripción de un caso pertenece a uno de estos dos grupos: información que contribuye a la indexación, y que, por lo tanto, será útil en la recuperación, e información que no contribuye a la indexación, y que, en consecuencia, proporciona información contextual pero que no es utilizada en la localización de casos relevantes. Por ejemplo, en un sistema de diagnóstico se pueden considerar como elementos de la descripción la edad del paciente y una fotografía del mismo que muestre su estado al comienzo de la enfermedad. Ahora bien, la edad puede utilizarse como índice mientras que la fotografía puede calificarse como información no indexada, de modo que sirva para registrar el aspecto de los pacientes pero no para llevar a cabo la recuperación de los casos.

Lo ideal es mantener las estructuras organizativas equilibradas, de modo que una característica es un buen discriminante (buen índice) si ayuda a mantener equilibrada la estructura. En CBR el problema se puede concebir de otra manera. Se requieren índices que distingan los casos entre sí con respecto a algún objetivo. No se trata de equilibrar la estructura organizativa sino de obtener porciones conceptualmente útiles de la memoria de casos.

Los índices se pueden identificar usando la técnica de adquisición de conocimiento que consiste en entrevistar a un experto que identifica cuales son las características críticas. Otra opción consiste en utilizar técnicas inductivas que ayudan a identificar cuáles son las características más discriminantes.

Estructuras de organización de la base de casos: López y Plaza (1997) se refieren a la organización de la memoria de casos como un problema abierto, en el que una buena indexación no es suficiente. Una vez que los índices han sido determinados, éstos pueden organizarse de manera que el proceso de localización de los casos relevantes se optimice. Normalmente las mismas pautas que se utilizan para determinar la similitud se usan para construir los esquemas de organización que representen esta medida. Es decir, si en un sistema se quiere utilizar una cierta función de similitud se elegirá como la estructura de organización de la memoria más adecuada, a aquella que me permita definir sobre ella un algoritmo de recuperación eficiente y que obtenga resultados precisos, es decir, que encuentre siempre el caso más similar.

Para que un modelo de memoria sea flexible, el conocimiento que contiene debe ser accesible, incluso, si los criterios expresados en la consulta encajan sólo parcialmente con las características presentadas en el conocimiento almacenado. Esto es una necesidad, ya que una nueva experiencia muy raramente satisface totalmente nuestro modelo del mundo. Por esta razón, las teorías psicológicas de la memoria se centran normalmente en un modelo basado en similitud para la representación del conocimiento y la recuperación.

Un esquema de organización muy habitual consiste en construir un árbol de decisión, de forma que sean los valores de los índices los que permitan situar el caso en una parte u otra de la estructura. Algunas de estas estructuras jerárquicas son las redes de características compartidas y las redes discriminantes. Por ejemplo el uso de árboles de decisión inducidos mediante el algoritmo ID3 o alguna de sus variantes. A partir del conjunto de casos, y una vez fijados los atributos que actúan como índices, se induce un árbol de decisión que permite recuperar en un número mínimo de pasos los casos más relevantes para una consulta dada. El problema básico de los árboles de decisión es que solo comparan la igualdad de características y no permiten manejar adecuadamente las consultas incompletas. Por ello se han desarrollado algunos refinamientos como los árboles de decisión redundantes, uno por cada permutación de los índices.

De mayor difusión son los árboles de k -d, una estructura de datos que resulta de generalizar los árboles de decisión desarrollada inicialmente en aplicaciones de informática gráfica. Esta estructura está pensada para, dado un conjunto de puntos repartidos en un espacio métrico k -dimensional, recuperar eficientemente los k vecinos más próximos (*k-nearest neighbors*) a un punto dado. No se plantea la

recuperación de “el vecino más próximo” porque análisis teóricos demuestran que la complejidad de un algoritmo que recuperase exactamente el más próximo sería mucho más alta que la de simplemente recuperar los k más cercanos. El árbol k -d se induce, mediante un algoritmo sofisticado, a partir del conjunto de puntos inicial (casos), de forma que en cada hoja del árbol haya como máximo un cierto número n de puntos. El problema geométrico consiste en dividir un espacio k -dimensional en volúmenes que contengan un número homogéneo de puntos.

La característica común de las estructuras anteriores es que se construyen como un medio de evitar la búsqueda exhaustiva durante la recuperación, pero no aportan conocimiento adicional aparte del conocimiento de similitud que se podría obtener al computar la medida de similitud de la estructura de organización explícita.

Además de las anteriores existe otro tipo de estructuras que también organizan la base de casos, pero no sólo contienen conocimiento de similitud, sino conocimiento adicional sobre las relaciones entre los elementos que describen los casos. Por ejemplo, las redes de activación (*Spreading Activation Networks*) son una adaptación de las redes neuronales donde la memoria de casos se representa como una red de nodos interconectados. La recuperación se implementa como un proceso que activa los nodos asociados con la consulta, y propaga la activación a otros nodos. Este proceso depende en gran medida de la estructura de la red, es decir, de si existe un camino entre los nodos del caso consulta y del caso recuperado.

2.4.2.4.4. Recuperación

Cualquier método de recuperación combina algún procedimiento para valorar el grado de similitud entre dos casos y algún procedimiento para buscar el caso más similar a la consulta. Respecto al procedimiento de búsqueda la investigación se refiere a limitar o acotar la búsqueda para poder encontrar el mejor caso de forma más eficiente sin reducir la calidad del resultado. Respecto a la valoración de la similitud entre los casos existen dos aproximaciones básicas y numerosas variantes suyas:

- La aproximación representacional en su forma más extrema representa de forma explícita la función de similitud de forma previa a la recuperación, es decir, los casos en la base de casos residen en una estructura de datos, por ejemplo un grafo, de forma que la proximidad en dicha estructura denota similitud (Gómez-Albarrán 2000, Díaz-Agudo 2002). Esta aproximación se caracteriza por su eficiencia durante la recuperación, ya que no se computan valores de similitud y la estructura de datos está optimizada para recuperar casos según una cierta función de similitud.
- La aproximación computacional por el contrario, y también en su forma más extrema, únicamente computa los valores de similitud durante la ejecución del proceso de recuperación. Se pueden utilizar ciertos índices para recuperar un conjunto de casos y después computar la solicitud para cada uno de ellos de forma lineal.

Esta última aproximación es simple y muy utilizada, consiste en llevar a cabo una búsqueda exhaustiva en la base de casos comparando cada caso con la consulta. Sin embargo, en sistemas reales con un gran número de casos y una función de similitud costosa de computar, la recuperación lineal puede resultar de una ineficiencia intolerable. Por ello la comunidad CBR ha propuesto el uso de arquitecturas paralelas que se apoyan en un aumento de los recursos hardware utilizados, o como se ha comentado, ha desarrollado o adaptado estructuras de organización y algoritmos de recuperación que las recorren y evitan tener que examinar todos los casos.

En esta línea, la mayoría de las aproximaciones consiguen este objetivo procesando los datos en bruto para obtener una biblioteca de casos optimizada que facilite un procedimiento de búsqueda dirigida, usando estructuras de índices más o menos complejas, obtenidas manualmente o mediante alguna técnica automática. Otras aproximaciones a la recuperación han propuesto técnicas alternativas como los métodos de propagación de activación en una red semántica, o realizar una búsqueda exhaustiva sobre una base de casos reducida.

En general, el algoritmo de recuperación dependerá directamente de la estructura de organización de la memoria de casos. Sin entrar en detalle, cada una de las estructuras de organización descritas en el apartado anterior define un algoritmo de recuperación asociado. Para todos ellos el objetivo es obtener, a partir de la descripción de un problema, los casos que mejor se ajusten a dicha descripción, esto es, los que resuelvan un problema lo más similar posible al nuevo problema que se necesita resolver.

La recuperación se puede subdividir en tres tareas:

- Identificación de las características o índices que describen el nuevo problema. La nueva situación es analizada y se identifican los índices y sus valores que caracterizan el problema a resolver, utilizando el mismo vocabulario que para los casos que hay almacenados en la memoria de casos.
En los enfoques menos sofisticados se pide al usuario que construya un vector de pares atributo-valor que represente el problema consulta. En el otro extremo se encuentran los enfoques más ricos en conocimiento que pueden realizar ciertas inferencias sobre la consulta a medida que esta se va introduciendo. De esta manera se pueden deducir, por ejemplo, que ciertos valores de unos atributos implican restricciones sobre los valores de otros atributos.
- Localización de los casos relevantes, que serán los que más se ajustan a dicha descripción según la estructura. Una vez indicados los valores de los índices del caso consulta, se utilizan para localizar los casos más relevantes. Se trata de una localización aproximada, en la que los casos relevantes se obtienen comparando el nuevo problema con los problemas descritos en la base de casos. Dicha comparación se puede realizar basándose en características sintácticas superficiales o, si se dispone de un conocimiento más profundo de las características utilizadas en las descripciones, mediante algún tipo de comparación semántica.
- Selección, de entre los casos más relevantes, del mejor candidato. Una vez recuperados un cierto número de casos considerados relevantes, se debe seleccionar el más adecuado para el problema actual. En algunos sistemas este

proceso no es un proceso independiente de la tarea de localización: la propia localización de casos relevantes devuelve los casos ordenados por similitud con el nuevo problema y el mejor candidato es el caso que ha obtenido una mayor similitud. En otros sistemas el proceso de selección puede ser más sofisticado realizándose un segundo análisis, más detallado, de los casos obtenidos inicialmente. Incluso en las aproximaciones más ricas en conocimiento se pueden encontrar sistemas que, basándose en el conocimiento general, son capaces de generar explicaciones sobre las diferencias entre el problema propuesto y los casos recuperados.

2.4.2.4.5. Adaptación

El aspecto clave del CBR como paradigma de resolución de problemas es que las soluciones a nuevos problemas son generadas aplicando las soluciones recuperadas de problemas similares previamente resueltos, en lugar de partir de cero. En muchas ocasiones, las soluciones así obtenidas son adecuadas y se pueden aplicar directamente. En otros casos, están próximas a la solución requerida pero no lo suficiente, por lo que resulta necesario adaptarlas. Ahora bien, la adaptación es el proceso del ciclo menos estudiado y donde no existen técnicas estándar. Muchos sistemas CBR, sobre todo los del ámbito no académico, obvian la fase de adaptación o la dejan en manos de los usuarios total y parcialmente. Muchos expertos coinciden en que, más que como sistemas autónomos, los sistemas de CBR deben actuar como asesores de adaptación. Se apuesta, por lo tanto, por dejar el proceso bajo control del usuario y que el sistema sugiera puntos de la solución que necesiten ser adaptados, e informe de restricciones e interacciones que deban ser tenidas en cuenta.

Entre los sistemas que incluyen adaptación automática se suelen utilizar técnicas ad-hoc que implican, en mayor o menor medida, un esfuerzo de adquisición de conocimiento que permita construir un modelo sobre los cambios aplicables a una solución y como determinar qué cambios aplicar a una solución en base a las diferencias detectadas entre las descripciones de los problemas. Una línea de trabajo reciente aboga por el uso del CBR en el propio proceso de adaptación. Si el sistema no tiene conocimiento suficiente para adaptar una solución, solicita la ayuda del usuario, y guarda las transformaciones que este realiza en la solución original, lo que define un "caso de adaptación". De esta forma, cuando el sistema ha de realizar una adaptación, antes de pedir la ayuda del usuario, intenta recuperar problemas de adaptación similares y aplicarlos.

Como una manera de facilitar la tarea de adaptación, existe una línea de trabajo que se propone considerar el esfuerzo de adaptación en el proceso de selección de los casos, de manera que, al elegir el caso relevante, no solo se tenga en cuenta lo parecidos que son los casos con el caso consulta, sino también una medida de la dificultad que entraña adaptarlos.

Si se decide llevar a cabo el proceso, para adaptar la solución del caso recuperado en el contexto del nuevo problema será necesario:

- Identificar las diferencias entre ambos, determinando que partes de la solución se pueden transferir directamente al nuevo caso y que partes necesitan ser modificadas.
- Aplicar mecanismos que, teniendo en cuenta esas diferencias, sugieran cambios apropiados. Los cambios pueden ser simples consistiendo, por ejemplo, en la sustitución de una componente de la solución por otra, o complejos, como cuando es necesario modificar la estructura completa de la solución

Se distinguen diversos mecanismos para identificar que partes de una solución previa deben ser modificadas para ajustarse a la nueva situación. Algunos de ellos son:

- Utilización de diferencias entre las descripciones de los problemas. Este método se basa en dos procesos: encontrar diferencias entre el problema asociado al caso recuperado y la nueva situación y, tener especificadas las conexiones entre aspectos de la descripción del problema y aspectos de la solución.
La forma de actuar consiste en evaluar las diferencias entre las descripciones de los problemas, el previo o recuperado y el actual, y usar las conexiones establecidas para identificar qué aspectos de la solución previa necesitan ser modificados. Ambos procesos colaboran, por lo tanto, en la localización de los aspectos a modificar aunque cada uno se realiza en un momento diferente del desarrollo del sistema de CBR, la obtención de las diferencias se realiza durante el uso del sistema y la especialización de las conexiones debe estar hecha de antemano.
- Un caso particular del anterior ocurre cuando las soluciones y las descripciones de los problemas comparten elementos. Entonces se compara directamente la solución propuesta con la descripción de la nueva situación localizando inconsistencias.
- Utilización de una lista de comprobación. En situaciones en las que las descripciones de los problemas de los casos sean grandes, lo que hace que el cálculo de las diferencias entre problemas sea ineficiente y establecer las conexiones pueda llevar mucho tiempo, su utilización no es apropiada. Tampoco se considera apropiada su utilización en situaciones que sea necesario realizar inferencias complejas para obtener las características que guíen la adaptación.

Una lista de comprobación contiene un conjunto de pruebas que permiten identificar posibles situaciones problemáticas estándares. Cada prueba permite identificar un aspecto de una solución que requiere ser modificado. Y asociado a cada prueba hay una adaptación o un conjunto de adaptaciones estándar que serán aplicadas si la prueba indica que la situación problemática está presente.

En general, hay dos tipos fundamentales de adaptación en CBR que dependen del tipo de solución almacenada en los casos:

- Adaptación transformacional o estructural. Aplica operadores o fórmulas de adaptación directamente a la solución almacenada en los casos.
- Adaptación derivacional. Se vuelve a aplicar el proceso de obtención de la solución original, utilizando las nuevas características, para obtener una solución al problema actual. Para ello se deben incluir trazas de

razonamiento que almacenen conocimiento sobre el proceso derivativo que condujo a la solución.

Existen diversas técnicas de adaptación utilizadas en sistemas CBR. Estas técnicas no son excluyentes, de manera que en un mismo sistema se pueden implementar varias. Se describen algunas de ellas a continuación (Díaz-Agudo 2002):

- Reinstanciación. Esta técnica se utiliza cuando existen atributos del problema actual cuyos valores son diferentes a los del problema previo y dichos valores forman parte de la solución. Una adaptación mediante reinstanciación conlleva realizar una abstracción del marco del problema y de la solución previa mediante el uso de variables para los diferentes atributos. Conlleva realizar las correspondencias entre los atributos de los problemas previo y actual. Conlleva realizar una instanciación del marco del problema y de la solución previa teniendo en cuenta las correspondencias establecidas.

Esta técnica es empleada, por ejemplo, en el sistema de planificación CHEF que sirve para generar recetas de cocina. Cuando CHEF crea una receta de pollo con guisantes a partir de una receta de ternera con brécol, utilizando reinstanciación sustituye la ternera por el pollo y el brécol por los guisantes. El papel carne que ocupa la ternera en la receta inicial pasa a ser ocupado por el pollo y el papel verdura que ocupa el brécol en la receta inicial es ocupado por los guisantes en la nueva solución. Los nuevos valores asociados a los papeles se utilizan directamente para llevar a cabo la sustitución.

- Ajuste de parámetros. Esta técnica tiene sentido cuando tanto los problemas como las soluciones tienen atributos con una cierta escala de valores. Cuando atendiendo a los parámetros o características, una nueva situación difiere en cierto grado de una situación previa, la técnica de ajuste de parámetros cambia los parámetros numéricos de la solución previa mediante interpolación de valores. El ajuste de parámetros es un proceso compuesto por dos pasos. Primero se comparan las descripciones del problema nuevo con las del problema original y se extraen las diferencias. El segundo paso consiste en aplicar heurísticas de ajuste especializado a la solución original para obtener la nueva. Dichas heurísticas capturan las relaciones entre los parámetros de los problemas y soluciones, y tienen el aspecto de las reglas de producción, de hecho, a menudo se implementan como tales.
- Búsqueda local. Esta técnica consiste en buscar, en una jerarquía taxonómica de conceptos del dominio, por ejemplo conocimiento terminológico, un concepto cercano a uno dado y que pueda sustituirlo. En su forma más simple, la búsqueda local accede a hermanos del elemento antiguo y comprueba si sirven; si no sirven, busca los primos y así sucesivamente. Hay que tener en cuenta que la realización de búsquedas locales no restringidas puede ser ineficiente, lo que hace necesario disponer de directrices que controlen las subidas y los descensos por la jerarquía. Diferentes sistemas de CBR cuentan con diferentes guías para la navegación por la taxonomía o para indicar a donde llegar.
- Búsqueda especializada. En esta técnica se dan instrucciones sobre cómo buscar, en una jerarquía de conceptos de dominio, el elemento sustituto que se necesita. Para ello se utilizan heurísticas de búsqueda especializada que señalan

hacia partes de la jerarquía donde es probable que se pueda encontrar lo que se busca. La búsqueda especializada se utilizó, por ejemplo, en el sistema SWALE.

- Búsqueda de sustitutos en varios casos. La búsqueda local es apropiada cuando el sustituto se puede encontrar en las proximidades de aquello que hay que reemplazar. La búsqueda especializada es apropiada para localizar sustitutos en lugares concretos de la memoria. Sin embargo, otra aproximación que se utilizó en el sistema CLAVIER, se basa en obtener los sustitutos en otros casos, por lo que debe ser posible buscar casos que tengan partes similares a la parte de la solución de partida que necesita ser adaptada.
- Reparación guiada por modelo. Este método ejemplificado en sistema CASEY, utiliza heurísticas basadas en modelos causales de un tipo de sistema o situación. Una vez evaluadas las diferencias con respecto al modelo y clasificadas por tipo, se realizan las reparaciones asociadas con cada diferencia. Las heurísticas de reparación guiada por modelos son de propósito general y se basan en nuestro conocimiento sobre causalidad. Hay una asociada con cada tipo de cambio que uno puede realizar en una explicación causal.
- Adaptación jerárquica. Esta estrategia va más allá de ser una propuesta de adaptación, afecta a distintas tareas del ciclo CBR. Los casos se almacenan en varios niveles de abstracción y la adaptación se realiza siguiendo un enfoque descendente: primero la solución se adapta al más alto nivel de abstracción (omitiendo los detalles menos relevantes) y luego se refina paso a paso añadiendo los detalles que faltan. Por ejemplo, el sistema PARIS usa esta estrategia.
- La aproximación utilizada en el sistema RESYN/CBR se basa en la determinación de los caminos de similitud entre el caso consulta y el caso recuperado sobre la jerarquía de abstracción, y en basar el proceso de adaptación en dicho camino de similitud.
- La adaptación basada en casos, es una línea de trabajo reciente que propone el uso de CBR para resolver el propio proceso de adaptación de casos. Esta aproximación, ejemplificada por el sistema DIAL, supone un modelo de adaptación con un nivel alto de adaptación con un nivel alto de intervención del usuario, es decir, es adecuado para sistemas manejados por usuarios expertos. Así, si el sistema no tiene conocimiento suficiente para adaptar una solución, solicita la ayuda del usuario que realiza la adaptación manualmente. El sistema observa las modificaciones y en base a ellas define un caso de adaptación. De esta forma, en procesos de adaptación futuros, antes de pedir la ayuda del usuario, intenta recuperar casos de adaptación anteriores y aplicarlos.

2.4.2.4.6. Revisión

Solo una minoría de los sistemas de CBR implementa el proceso de revisión. Si la solución generada en las fases anteriores no es correcta, aún así se puede aprender de los errores y repararla. Es decir, la reparación de la revisión es una adaptación llevada a cabo cuando se sabe que la solución no es válida. La revisión consta de una fase de evaluación de la solución seguida de la reparación de los errores.

Por lo tanto, en primer lugar hay que tener la capacidad para evaluar la corrección de las soluciones, ya sea porque la solución se pueda probar de alguna forma, por

ejemplo aplicándola en el sistema real o en algún tipo de modelo, o porque un agente externo al sistema (el usuario) le señale como correcta o errónea.

Una vez evaluada la solución, si esta no es válida, se pasa a la fase de reparación. La evaluación de la solución normalmente hace que se disponga de más información, sobre la razón por la que no funciona, de la que se disponía para llevar a cabo la adaptación. Por ello se puede llevar a cabo la reparación utilizando más y mejores heurísticas y métodos que son aplicables en la fase de revisión y que no lo son en la fase de adaptación. El primer paso dentro de la reparación suele consistir en la identificación de los errores. Esta identificación permite la realización de modificaciones en la solución con el fin de que los fallos no vuelvan a ocurrir.

2.4.2.4.7. *Aprendizaje*

Según la definición de Aha (1997), un algoritmo de aprendizaje en cualquier contexto es un algoritmo que lleva a una mejora del rendimiento a lo largo del tiempo. El término aprendizaje en IA es a menudo sinónimo de generalización, principalmente a través de técnicas inductivas. El uso de técnicas de IA para aprender conocimiento de indexación y de adaptación a partir de la biblioteca de casos se basa en el contenido de la base de casos y no requiere una comprensión previa del dominio.

Además de un paradigma de resolución de problemas, el CBR es un paradigma de aprendizaje máquina. Por un lado induciendo generalizaciones basadas en las similitudes detectadas entre los casos y principalmente acumulando casos que serán utilizados en procesos de resolución posteriores. De esta forma, con el tiempo un sistema CBR mejora su capacidad de resolución de problemas.

El primer problema que debe tratar el proceso de aprendizaje es decidir qué casos se aprenden. La eficiencia de un sistema CBR se puede degradar cuando el número de casos crece excesivamente y, por lo tanto, se debe evitar incluir casos que no aporten información nueva al sistema. El rango de posibilidades va desde los sistemas que, estudiando la base de datos de forma autónoma, deciden qué casos incluir hasta los que delegan esta responsabilidad en el usuario.

La segunda cuestión relacionada con el aprendizaje es la que se refiere a la organización de la estructura de casos. Dependiendo de la complejidad de la estructura utilizada, este proceso puede ser más o menos sofisticado. Por ejemplo, si la organización es lineal bastará con añadir un nuevo elemento a la lista; si la estructura se induce a partir de los casos, será necesario recomputar periódicamente la estructura de indexación.

Los trabajos acerca del mantenimiento de la base de casos incluyen técnicas para identificar casos poco utilizados y que por lo tanto puede interesar eliminar u olvidar casos defectuosos o redundantes que perjudican a la efectividad del ciclo CBR. En concreto, estas técnicas tratan de solucionar el problema de la utilidad que ocurre cuando el coste de buscar conocimiento es mayor que el beneficio al utilizarlo.

Como paradigma del aprendizaje, el CBR se enmarca dentro del “aprendizaje perezoso”, para el que se han utilizado nombres como algoritmos basados en memoria, en instancias, en ejemplares, en casos o en la experiencia (Aha 1997). La principal característica de los algoritmos de aprendizaje perezoso puros es que retrasan el procesamiento hasta que hay una petición de información, de forma que almacenan los datos de entrada y responden a una petición de información (o resuelven un problema) combinando el conocimiento almacenado.

En contraposición los algoritmos “impacientes” compilan los datos de entrada para producir descripciones intensionales de los conceptos representadas mediante reglas, árboles de decisión o redes neuronales. En este grupo se encuentran los algoritmos inductivos que descartan los datos de entrada y generan las respuestas a una petición de información utilizando la descripción inducida a priori.

El CBR como paradigma de aprendizaje tiene muchas ventajas:

- Proporciona mejoras de rendimiento. Razonamiento más rápido que desde cero, capacidad de anticipar y evitar errores pasados, capacidad de centrarse primero en las partes más importantes de un problema.
- El aprendizaje es simple ya que no requiere una comprensión profunda del dominio.
- Los casos individuales o sus generalizaciones pueden servir como explicaciones que son triviales de generar.
- El CBR es escalable. El mayor cuello de botella está en la elección de los mejores casos para razonar. Esto es potencialmente un problema de búsqueda masiva que se maneja gracias a la indexación o al uso de implementaciones paralelas.
- El cuello de botella de la adquisición de conocimiento es mucho menor para CBR que para otros métodos de aprendizaje, que en general, necesitan disponer de mucha cantidad de conocimiento antes de que los procesos de aprendizaje sean útiles.

2.4.2.4.8. Asignación de pesos basado en casos

La tarea de asignación de pesos es sumamente importante para la determinación apropiada de la relevancia de los atributos en todos los algoritmos basados en instancias (casos) (Núñez y Sánchez-Marré 2006). Existe una gran cantidad de algoritmos de asignación de pesos, pero no hay uno que pueda ser considerado como el mejor para todos los posibles dominios o bases de datos.

Por otro lado, la implementación de la base de casos se hace utilizando una estructura de memoria plana, intentando conseguir una mayor precisión en el proceso de recuperación al evaluar la similitud entre el problema actual y todos los casos presentes en la BCC, esto indica claramente que implementaremos un sistema CBR plano.

Puesto que un sistema CBR plano se basa principalmente en la evaluación de la similitud y la relevancia de los atributos, y la mayoría de los métodos de asignación

de pesos y medidas de similitud son aplicables solo a entornos supervisados, donde es necesario agrupar los casos y asignar a cada grupo resultante una etiqueta de clase.

Existen gran cantidad de algoritmos para la asignación de pesos, entre otros:

- IG. Ganancia de información.
- IGDB. Extensión de Daelemans and Van Den Bosch para ganancia de información.
- PROJ. Proyección de atributos.
- RELF. RELIEF
- CDWG. Asignación global de pesos por distribución de clases.
- CD. Distribución de clases.
- VD. Distribución de valores.
- CVD. Distribución de clases-valores.
- CDWL. Asignación local por distribución de clases
- VDM. Value-Difference Metric.
- EBL. Asignación de pesos locales basados en entropía.
- GD. Gradiente descendiente.
- UEB – 1. Método 1 no supervisado basado en entropía.
- UEB – 2. Método 2 no supervisado basado en entropía.

2.4.2.4.9. Calidad de la representación de los casos

Según Wikipedia (2015), para evaluar el rendimiento de un sistema CBR, se pueden implementar procesos de validación cruzada (Wikipedia 2015).

La validación cruzada es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis estadístico y garantizar que son independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. Consiste en repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medias de evaluación sobre diferentes particiones. Se utiliza en entornos donde el objetivo principal es la predicción y se quiere estimar como de preciso es un modelo que se llevará a cabo en la práctica. Es una técnica muy utilizada en proyectos de inteligencia artificial para validar modelos generados.

La validación cruzada proviene de la mejora del *Holdout Method* (método de retención). Este consiste en dividir en dos conjuntos complementarios los datos de muestra, realizar el análisis de un subconjunto llamado "Training Set" (datos de entrenamiento) y validar el análisis de otro subconjunto denominado "Test Set" (datos de prueba) de forma que la función de aproximación sólo se ajusta con el conjunto de datos de entrenamiento y a partir de aquí calcula los valores de salida para el conjunto de datos de prueba, valores que no ha analizado antes. La ventaja de este método es que es muy rápido a la hora de computar. Sin embargo este método no es demasiado preciso debido a la variación de los resultados obtenidos para diferentes datos de entrenamiento. La evaluación puede depender en gran medida de cómo es la división entre datos de entrenamiento y de prueba, y por tanto puede ser significativamente diferente en función de cómo se realice esta

división. Debido a estas carencias aparece el concepto de validación cruzada (Figura 2.46)

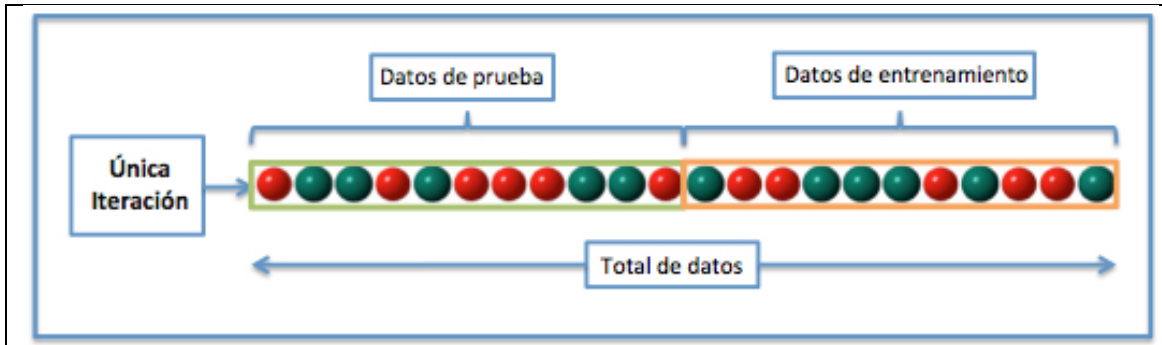


Figura 2.46. Método de retención (Wikipedia 2015)

Supóngase un modelo con uno o más parámetros de ajuste desconocidos y unos datos de entrenamiento a analizar. El proceso de ajuste optimiza los parámetros del modelo para que este se ajuste a los datos de entrenamiento tan bien como pueda. Si se coge una muestra independiente como dato de prueba (validación), del mismo grupo que los datos de entrenamiento, normalmente el modelo no se ajustará a los datos de prueba igual de bien que a los otros datos de entrenamiento. Esto se denomina sobreajuste y acostumbra a pasar cuando el tamaño de los datos de entrenamiento es pequeño o cuando el número de parámetros del modelo es grande. La validación cruzada es una manera de predecir el ajuste de un modelo a un hipotético conjunto de datos de prueba cuando no se dispone del conjunto explícito de datos de prueba.

En la **Validación Cruzada de Iteraciones o *K-Fold Cross-Validation*** los datos de muestra se dividen en K subconjuntos. Uno de los subconjuntos se utiliza como datos de prueba y el resto (K-1) como datos de entrenamiento. El proceso de validación cruzada es repetido durante k iteraciones, con cada uno de los posibles subconjuntos de datos de prueba (Figura 2.47)

Finalmente se realiza una media aritmética de los resultados de cada iteración para obtener un único resultado. Este método es muy preciso puesto que se evalúa a partir de K combinaciones de datos de entrenamiento y de prueba, pero aún así tiene una desventaja, y es que, a diferencia del método de retención, es lento desde el punto de vista computacional. En la práctica, la elección del número de iteraciones depende de la medida del conjunto de datos. Lo más común es utilizar una valoración cruzada de 10 iteraciones (*10-fold cross-validation*).

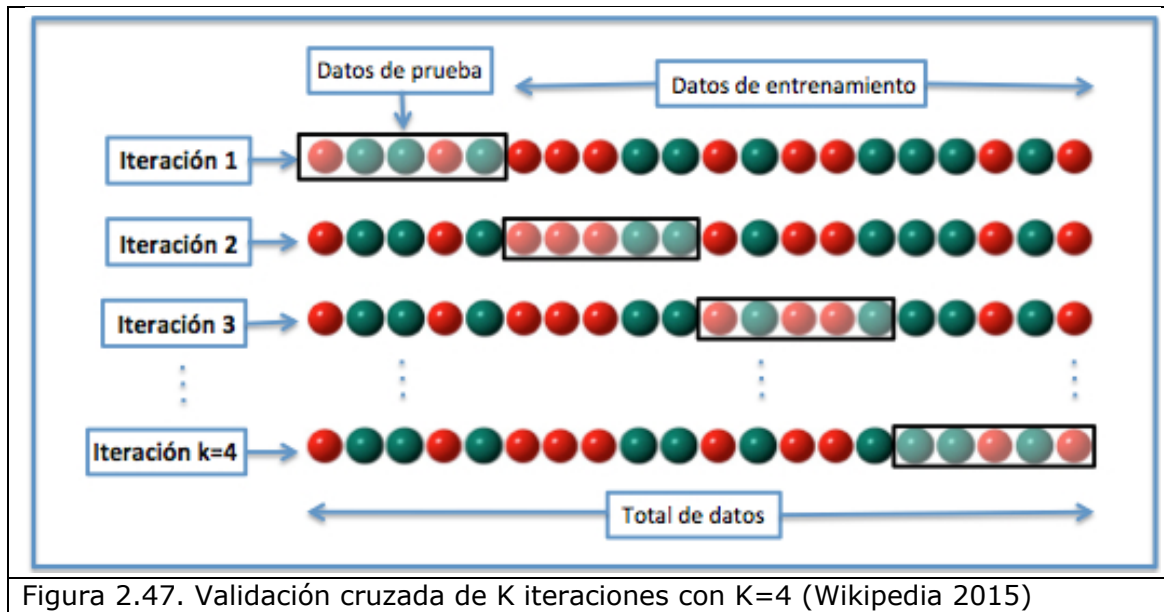


Figura 2.47. Validación cruzada de K iteraciones con $K=4$ (Wikipedia 2015)

3. METODOLOGÍA DE LA TESIS

El desarrollo metodológico viene distribuido en cuatro apartados destacables. En cada uno de ellos se describe una parte fundamental de la metodología seguida en esta tesis. Uno detrás del otro configuran el proceso que se ha seguido para la realización de esta tesis:

- Metodología del trabajo de campo
- Metodología de gestión de datos
- Metodología del análisis de datos
- Metodología del análisis de los resultados

En un primer punto se definen cuáles son las tareas realizadas, cuál es su orden de sucesión en el trabajo de campo y cómo deben ser interpretados estos datos, con el fin de poder catalogarlos. En un segundo punto se les da el formato adecuado, se agrupan y se clasifican para poder ser analizados. En un tercer punto se determina cómo se realiza el análisis de los datos utilizando el CBR. Por último, en el cuarto punto se dan las pautas para poder interpretar los resultados obtenidos desde el CBR.

3.1. Metodología del trabajo de campo

La recogida de datos de campo se realiza en tres fases.

3.1.1. Primera fase del trabajo de campo

Una primera fase en la cual se detectan las zonas y los casos que a priori formarían parte de la base de datos por cumplir con los requisitos marcados en el alcance de la tesis. Es decir, cuando se realiza una búsqueda en los medios de comunicación y red por “derrumbe de edificios, derrumbe medianeras, etc.” (Figura 3.1) aparecen casos aparentemente válidos, ya que las consecuencias sucedidas son parecidas o iguales sin tener en cuenta las causas que lo han provocado.

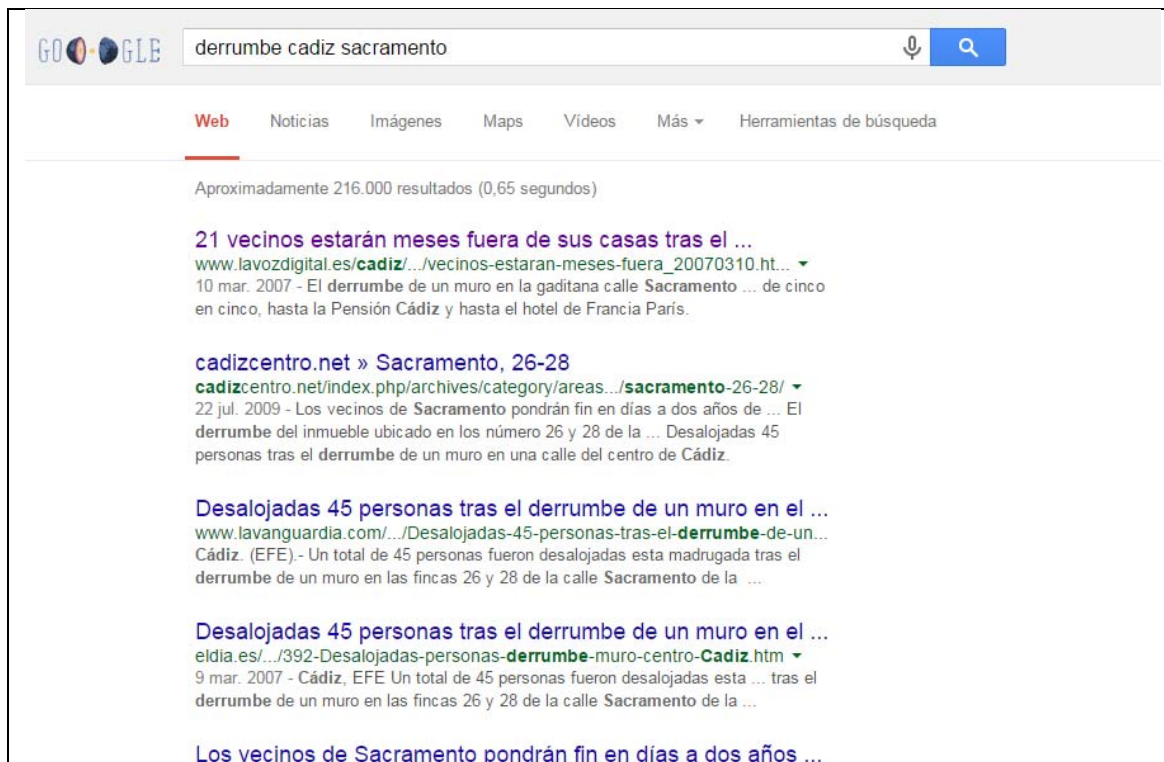


Figura 3.1a. Búsqueda en Google por web para primera fase (Google 2015)



Figura 3.1b. Noticia encontrada en Google por web para primera fase (ABC 2007)

Normalmente en las noticias se citan las posibles causas del suceso (opiniones políticas o sociales), pero si no es así, se pueden llegar a detectar indicios del porque del siniestro a través de otros comentarios expresados, datos reflejados y análisis inicial de los mismos. Una vez examinado el caso en profundidad, a través de la noticia publicada por todos los periódicos y fuentes, fotografías, videos, etc., (Figuras 3.2 y 3.3) es entonces cuando se puede discriminar si este caso en particular puede pasar a formar parte del archivo inicial.

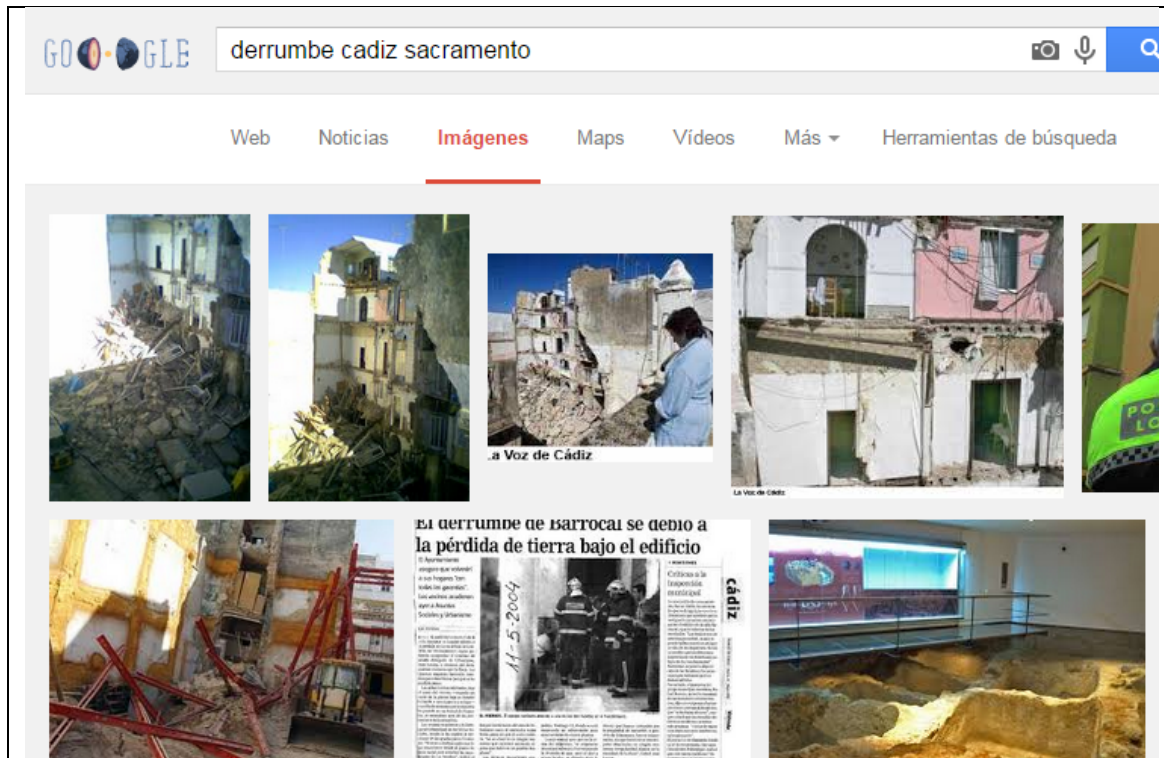


Figura 3.2a. Búsqueda en Google por imágenes para primera fase (Google 2015)

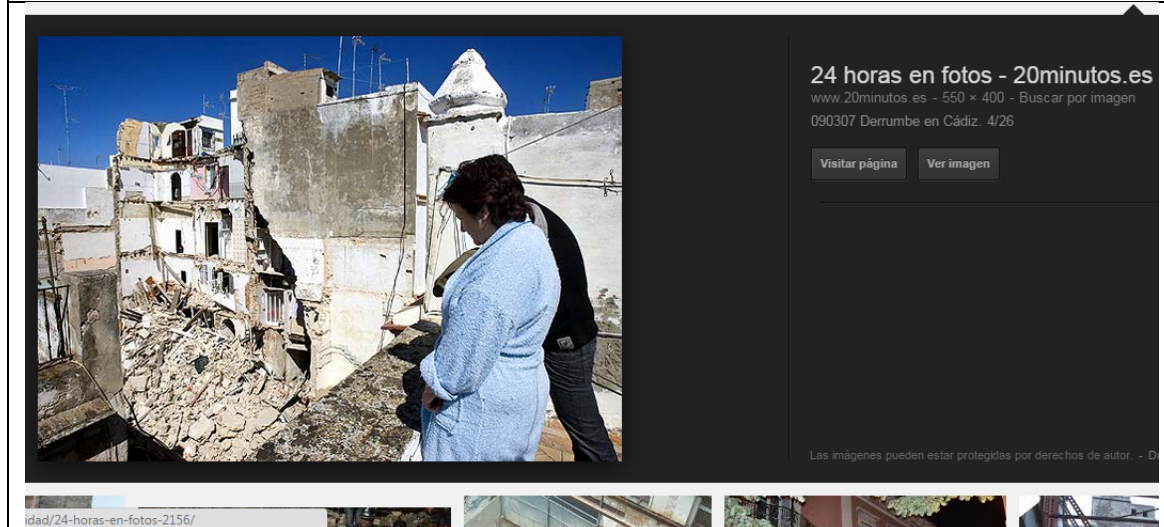


Figura 3.2b. Fotografía encontrada en Google por imágenes para primera fase (Google 2015)



Figura 3.3a. Búsqueda en Google por videos para primera fase (Google 2015)



Figura 3.3b. Video encontrado en Google para primera fase (Canal Sur 2012)

Otro dato necesario para poder realizar la segunda fase es la localización del edificio en un mapa de la localidad. No sólo es importante para poder ubicarlo y llegar a él, sino porque después nos será útil para la determinación geológica del terreno donde este se asienta.

Un ejemplo de selección inicial de caso sería detectar que la causa más probable del derrumbe de un edificio ha sido una explosión de gas, este quedaría inicialmente descartado. Si, por el contrario, las causas más probables del derrumbe han sido la

presencia de agua en la finca y la existencia de la ejecución de una obra nueva cercana al edificio, éste será un caso claro de incluir en el archivo inicial.

Es decir, todos los casos son estudiados con el fin de detectar que cumplen con los requisitos acotados en el alcance del proyecto. En la fase de recogida de datos, éstos pasarán a formar parte del archivo inicial si son edificios con plantas bajo rasante contruidos entre medianeras, es decir, si el edificio nuevo construido no dispone de plantas subterráneas o alguno de sus muros exteriores no linda con algún muro de una finca vecina, no puede formar parte del archivo inicial.

En el apartado de metodología de gestión de datos, también se analizan las diferentes variables que identifican a cada caso. Si durante la fase de recogida de datos, por error o descuido no se ha podido recoger toda la información referente a cada caso, ésta se intenta buscar nuevamente, incluso por métodos diferentes a los utilizados. Una forma sencilla de detectar la falta de datos o errores en su conjunto es introduciendo todos los datos de las variables obtenidas en la base de datos y comprobar el estado de sus celdas (llenas, vacías, mismo número de caracteres en columna...) respecto a las variables de casos anteriores.

Para la búsqueda de información inicial, se han utilizado diferentes entradas en buscadores, consultando hemerotecas y noticias de periódicos digitales. Sobre todo para el caso de edificios derrumbados la búsqueda por este método ha sido altamente efectiva. Se han realizado entradas al buscador, con las palabras: "derrumbe medianera", "derrumbe muro", "derrumbe edificio", etc. Esta búsqueda se ha realizado entre los años 2005 y 2010 y ha resultado suficiente para la realización del estudio. El archivo inicial contaba, al final de la primera fase, con 170 casos, algunos de los cuales han sido eliminados por no cumplir con el alcance de la tesis. Esta disminución del número de casos sucede al ponerse en marcha la segunda fase, que es donde se puede contrastar los casos detectados inicialmente.

3.1.2. Segunda fase del trabajo de campo

Una segunda fase donde a partir del archivo inicial, el proceso de recogida de datos se realiza in situ, es decir, se han visitado la mayoría de los derrumbes como los sucedidos en Sant Fruitós del Bages, Tarragona, Jaén (Figura 3.5), Sevilla, Alicante, Cádiz, Córdoba, etc., con la finalidad de poder comprobar y completar la información recogida inicialmente.



Figura 3.4. Recogida de datos del derrumbe en la calle Higueras, 4, de Jaén (elaboración propia 2007)

Los resultados de las visitas realizadas han sido realmente interesantes, ya que se ha podido contrastar la información recogida vía medios de comunicación con la obtenida a pie de obra. Allí, se ha podido contactar con los diferentes afectados, se ha preguntado a vecinos, se ha comentado con los encargados de las obras qué es lo que sucedió y cómo sucedió el día del derrumbe, se ha realizado una inspección visual para detectar posibles causas y se ha hecho un reportaje fotográfico. Cabe citar, que los programas informáticos Google, Google Maps y Google Earth han sido de gran ayuda para la fase inicial; sin ellos la detección de casos susceptibles de incluir en la base de casos hubiese sido mucho más compleja.

Se incluye la información más representativa de cada uno de los casos en el Anexo 4. Esta información está formada por 2 documentos en los casos de obras no caídas y 3 documentos para obras caídas.

Para las obras caídas, los documentos son:

- Ficha del caso
- Fotografías seleccionadas
- Noticia de prensa

Para las obras no caídas los documentos son:

- Ficha del caso
- Fotografías seleccionadas

3.1.3. Tercera fase del trabajo de campo

Una tercera fase que se inicia cuando finaliza la segunda fase de recogida y comprobación de datos in situ. En esta última fase se realiza la búsqueda de los valores de los atributos que no se han podido obtener en las dos fases anteriores y que a priori se consideran necesarios para la resolución del problema, como es el tipo de suelo y los componentes del mismo donde se encuentran ubicados cada uno de los edificios que forman parte de la base de casos. Las tres fuentes destacadas para la recogida de valores del tipo de suelo y materiales que lo componen han sido Google Earth, IGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya) e IGME (Instituto Geológico y Minero de España).

La recogida de valores del tipo de suelo, curiosamente no se realiza in situ, ya que, si hubiese sido así, al no tener los informes geotécnicos de todos los terrenos (sólo una pequeña parte) de las obras en cuestión, los costes de esta fase hubieran resultado inasumibles. Por eso, aprovechando la información valiosísima que ofrecen estos dos institutos, la recogida de valores se ha realizado vía internet con la ayuda de las herramientas que éstos mismos proporcionan.

Inicialmente, gracias a la dirección exacta, publicada en una noticia si es un caso de derrumbe, comunicada por un colega si es una obra suya o bien sabida por el autor de la tesis por ser una obra propia, se establece utilizando Google Earth la relación entre la dirección de la obra, suceso y sus coordenadas geográficas o UTM (Figuras 3.5a, 3.5b, 3.5c).

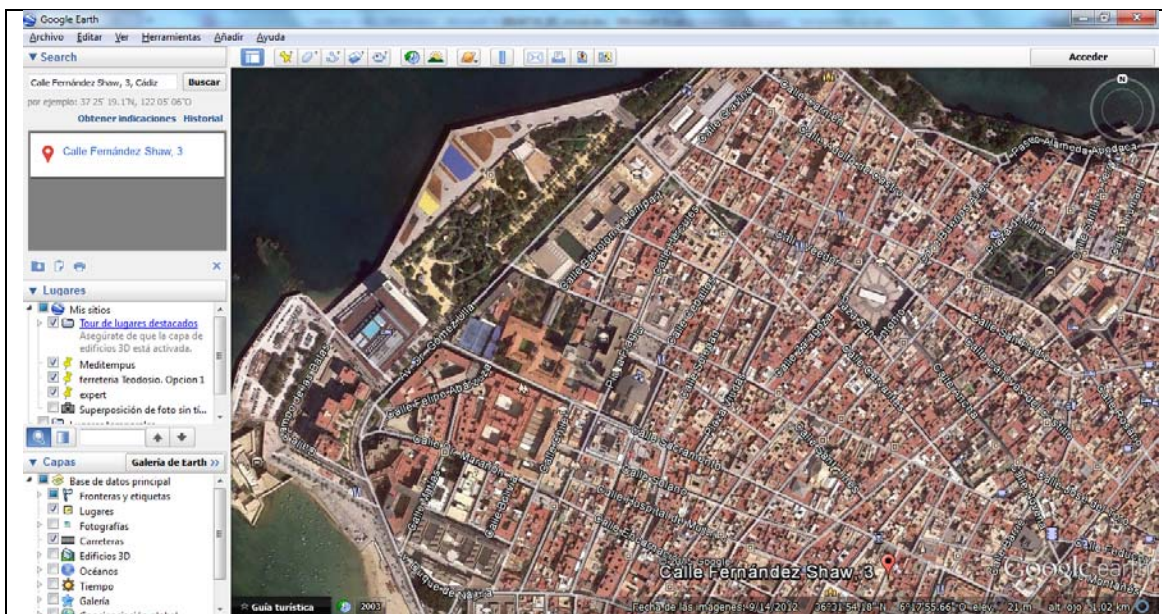


Figura 3.5a. Localización obra-suceso Calle Fernández Shaw, 3, Cádiz. Relación entre dirección y coordenadas (Google Earth 2015)

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras



Figura 3.5b. Ampliación de la localización y coordenadas (Google Earth 2015)

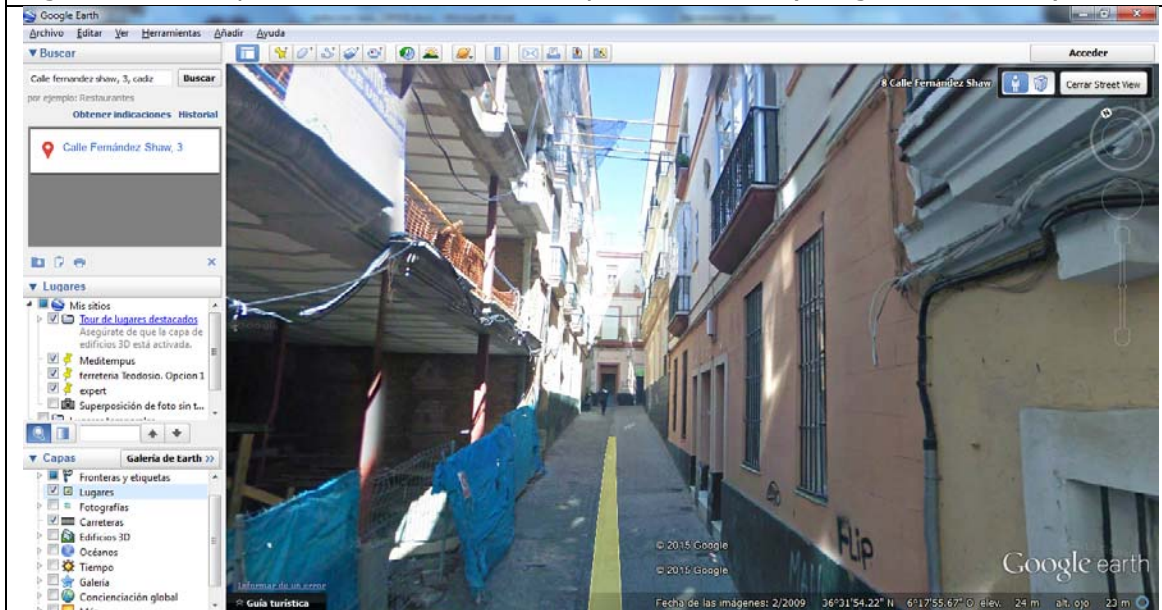


Figura 3.5c. Imagen de Street View de la calle Fernández Shaw, 3, Cádiz (Google Earth 2015)

3.2. Metodología de gestión de datos

La gestión de los datos se realiza en dos fases y está representada por las Tablas 3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 y 3.18 que se incluyen de forma completa en el Anexo 1.

3.2.1. Primera fase de gestión de datos.

Para gestionar los datos de la primera fase del trabajo de campo se han creado diferentes niveles de carpetas en el archivo inicial. Se ha creado un subnivel con tantas carpetas como casos se han encontrado. Estas carpetas han sido denominadas, inicialmente, por el nombre de la calle y el número de finca. El subnivel creado inmediatamente anterior está formado por el nombre de la localidad, en el que se incluyen todas las carpetas de los casos encontrados en esa población. El subnivel anterior engloba todas carpetas de las localidades incluidas en una provincia y, por último, el primer nivel recoge todas las provincias incluidas en una misma comunidad autónoma.

Cuando se finalizó la estructura, se cambio la denominación de las carpetas de nombre de calle y número por una codificación que sirviera de identificador para cada caso pudiendo ser también ordenados en función su código postal.

A la vez, la carpeta de cada caso incorpora dos carpetas, una con el mismo código que la del caso pero con un "1" delante y otra con un "2" en lugar del "1". En la del "1" se guardan todos los artículos y noticias encontradas que hacen referencia a este caso y en la del "2" se guardan las fotografías, fichas y mapas (Figura 3.6).

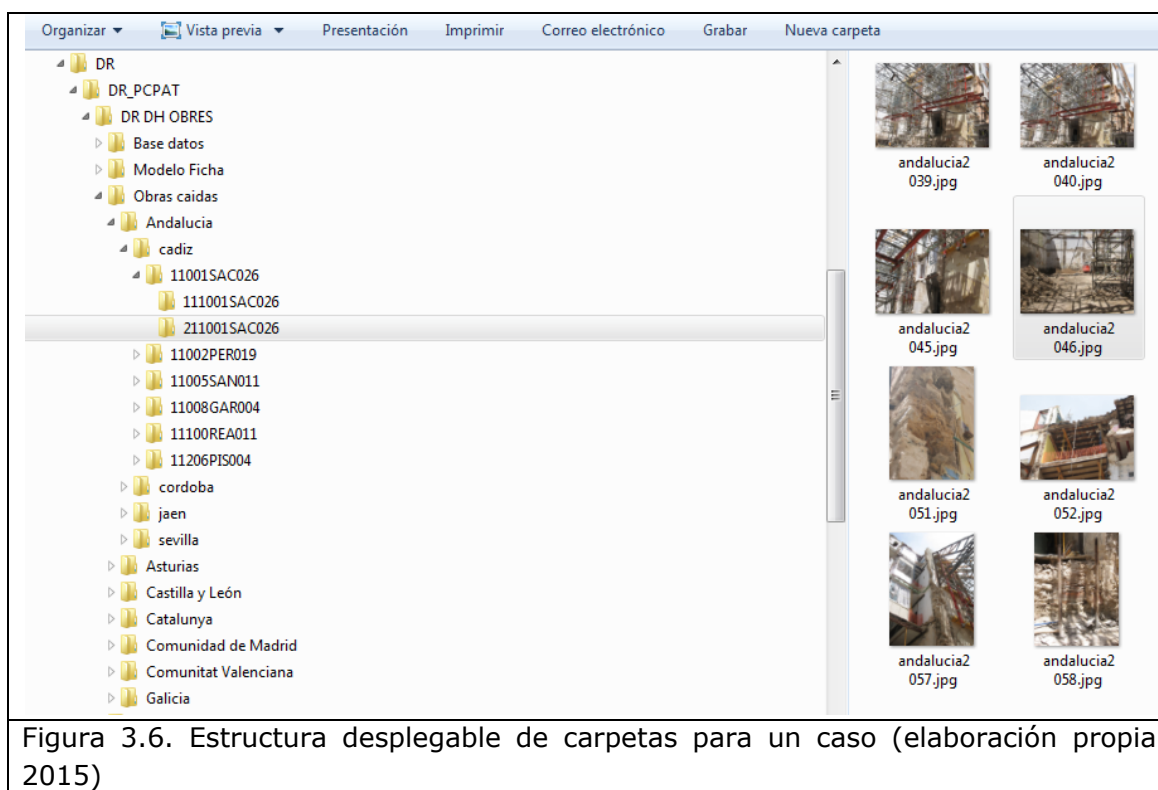


Figura 3.6. Estructura desplegable de carpetas para un caso (elaboración propia 2015)

A partir de entonces se inicia la preparación para la segunda fase del trabajo de campo. Esta estructura creada en la primera fase esta confeccionada expresamente para disminuir la complejidad de clasificación y tratamiento de los casos existentes.

Por un lado, esta ordenación por subniveles y carpetas permite planificar de una forma muy rápida y sencilla la segunda fase del trabajo de campo, que es la visita a pie de obra caso por caso. Por ejemplo, cuando se abre la carpeta de Andalucía y se comprueba que existen en ella 5 carpetas (Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Málaga y Sevilla) y que en cada una de ellas hay 2 carpetas con un caso en cada una, es muy fácil planificar el orden de visitas sin perder tiempo. Se puede asignar un caso por la mañana, un caso por la tarde y completar la comunidad autónoma en 5 días.

Por otro lado, y debido a la codificación escogida para la posterior introducción de los casos a una base de datos, la ordenación por carpetas y subcarpetas hace que la asignación a la nueva denominación o codificación de los casos sea mucho más sencilla que si se hubiese ordenado la base de datos con otro criterio, por ejemplo, por la antigüedad de las fincas. La razón es la siguiente:

La nueva denominación o codificación de cada caso, está formada por una cadena de 11 caracteres, de izquierda a derecha; los 5 primeros son el código postal de la zona donde se ubica la finca; los 3 siguientes son las 3 primeras letras de la calle y, por último, los 3 siguientes son el número de finca que ocupa en la calle. Como podemos observar, a medida que nos acercamos al subnivel más inferior de carpetas, más parecida es la codificación de los casos que se encuentran en ella.

Para la toma inicial de datos se ha elaborado una ficha estándar para cada una de las obras en estudio, en la que se hace constar los siguientes datos: referencia, derrumbe, tipología de contención de la obra nueva, tipología de estructura de la obra nueva, tipología de estructura de la finca colindante, tipología de cimentación de la finca colindante, edad de la finca colindante, presencia de agua, número de plantas subterráneas de la finca nueva, emplazamiento de la obra, fecha de suceso, fecha de visita, promotor del nuevo edificio, constructor de la obra, estado de la obra en fecha de visita, daños observados, posibles causas y emplazamiento de la finca afectada.

Cada uno de los casos se ha introducido en una carpeta creada exclusivamente para él, es decir, en la carpeta de una obra se almacenan las fotos, la ficha y la noticia obtenida de internet para ese caso concreto.

3.2.2. Segunda fase de gestión de datos.

Para poder trabajar con todos estos datos, se ha creado una base de datos EXCEL que permite distribuir toda esta información en filas y columnas. Esta base de datos inicial, dispone de tantas filas como casos introducidos inicialmente y de tantas columnas como variables o atributos definidos para la identificación y análisis de los mismos (Tabla 3.1a)

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Tipología contención obra nueva		Tipología estructura obra nueva	
3	Referencia	Si Caidas (SC) No Caidas (NC)	Denominación	Tipo	Denominación	Tipo
4						
5	04002SAN008	NC	pantalla micropilotes	4	estructura de hormigon y forjado reticular	5 e
6	04005ALT040	NC	pantalla micropilotes	4	estructura de hormigon y forjado unidireccional	4 e
7	04005HER037	NC	pantalla micropilotes	4	estructura de hormigon y forjado reticular	5 e
8	11110RAF023	NC	muros contencion a una cara	2	estructura de hormigon y forjado reticular	5 e
9	11206PIS004	SC	muros contencion a una cara	2	estructura de hormigon y forjado reticular	5 e
10	11002PER019	SC	muros pantalla	3	estructura metalica y forjado unidireccional	2 e
11	11002SAC026	SC	pantalla micropilotes	4	estructura metalica y forjado unidireccional	2 e

Tabla 3.1a. BD_pas1a (elaboración propia 2015)

Por último, desde la tercera fase trabajo de campo, se ha dotado a esta base de datos EXCEL de nuevas columnas que representan los nuevos atributos o variables

necesarias que no ha sido posible encontrar en la segunda fase, pero que si se han obtenido en la tercera; recuérdese: coordenadas Google Earth, IGC e IGME (Tabla 3.1b)

	U	V	W	X	Y	Z
1	Estudio geotécnico					
2	Información IGME			Información IGC		Coorden
3	e: 1/50.000 escaneado	mapa dinámico e: 1/50.000	e:1/200.000 escaneado	mapa dinámico e: 1/1.000.000	e: 1/50.000	Latitud
4						Lo
86	Arcillas y areniscas amarillentas	2*			Conglomerados con matriz arcillosa sin cementar	41°31'20" N 01
87	Limos	2*			Llanura aluvial	41°29'15" N 02
88	Limos	2*			Llanura aluvial	41°29'40" N 02
89	Limos	2*			Depositos de los lechos actuales de las neras y torrentes	41°29'16" N 02
90	Aluvial indiferenciado y pie de monte del Cuaternario antiguo	2*			Abanicos aluviales	41°32'44" N 02
91	Aluvial indiferenciado y pie de monte del Cuaternario antiguo	2*			Abanicos aluviales	41°32'17" N 02
92	Aluvial indiferenciado y pie de monte del Cuaternario antiguo	2*			Abanicos aluviales	41°31'36" N 02
93	Aluvial antiguo (terrazas)	2*			Terraza fluvial. Gravas, arenas y lutitas	41°47'53" N 01
94	Segunda terraza	2*			Terraza fluvial. Gravas, arenas y lutitas	41°41'26" N 02
95	Arcillas y areniscas rojas	2*			Margas y greses	41°45'03" N 01
96	Arcillas y areniscas rojas	2*			Margas y greses	41°45'06" N 01
97	Depósitos de terraza más alta, especialmente gravas y arenas erosionadas	2*			Margas y greses	41°44'17" N 01
98	Limos	2*			Pie de monte	41°22'07" N 02

Tabla 3.1b. BD_pas1a. Parte de la tabla Excel que contiene la base de datos: columnas IGC, IGME (elaboración propia 2015)

Con el fin de simplificar y mejorar la gestión de los datos y posteriormente el análisis de los mismos, se ha procedido a estandarizar los valores de cada una de las variables en rangos y conjuntos finitos. El Excel de la base de datos se ha desdoblado en tres grupos para poder representar cada uno de los estados necesarios del proceso de análisis: el BD_pas1, el BD_pas2 y el BD_pas3. Ante la imposibilidad de mostrar las BBDD completas, debido a su gran formato, en este documento principal de la tesis, se muestran pequeñas vistas que ayudan al lector a identificar las BBDD que se incluyen en el Anexo 1.

3.2.2.1. BD_pas1

Este grupo está formado por los documentos Excel BD_pas1a y BD_pas1b. En BD_pas1a se recogen inicialmente todos los datos obtenidos en las tres fases del trabajo de campo. La finalidad de esta hoja es ser la BDD inicial para la gestión de datos y posterior análisis de los casos.

El resultado del desarrollo de gran parte de la metodología de gestión de los datos se observa en esta hoja Excel "BD_pas1a" y comprende:

- Control y estandarización de los valores de los atributos para cada uno de los casos
- Orden de las filas (casos) por comunidad autónoma, que a la vez están ordenadas por provincia. Este orden se puede modificar, ordenar por código postal e incluso agrupar los casos por tipo de terreno, tipo de cimentación, etc.
- Agrupado de columnas en diferentes conjuntos en función de su importancia en el análisis, es decir, las primeras 14 columnas empezando por la izquierda (de color gris) contienen los atributos que van a pasar al formar

parte de los grupos BD_pas2. El resto de columnas son meramente informativas y no van a pasar a formar parte de los datos a analizar.

Por su gran importancia en la tesis, se detalla en el siguiente punto el método que se ha seguido en la gestión y procesado de las columnas correspondientes a la información obtenida del IGC, IGME y Google Earth. Cabe decir que es necesario que la información se obtenga de ambos institutos, ya que IGC no ofrece mapas geológicos de Cataluña ni IGC de España.

- Las columnas de color verde, amarillo, cian, rojo y violeta representan el tipo de terreno obtenido en ambos institutos separados por series. Inicialmente se ha buscado en ambos las series de mapas geológicos más completas y de mayor detalle. Cuando para en casos puntuales, la serie escogida no ha determinado el tipo de terreno existente en la zona, se ha recurrido a la siguiente serie, que aunque en ella no se alcance el grado de detalle de la serie principal, ha sido suficiente para la definición del terreno en dicha zona.

Finalmente, todos estos datos se han tratado de forma que puedan ser interpretados por el CBR, y por eso se han creado nuevas columnas que recogen este conjunto de datos sintetizados y normalizados. Estas nuevas columnas son las 5 últimas de color gris y forman parte del subgrupo "Normalización del terreno". El detalle de esta estandarización de datos se muestra en el Capítulo 5, Trabajo Experimental.

Cód. libro		Procedencia de la caja		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales		Materiales</	
------------	--	------------------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	--------------	--

M	N	O	P	Q	
grav	roc	e: 1/50.000 escaneado	mapa dinámico e: 1/50.000	e:1/200.000 escaneado	mi
1	0	Aluvial actual, delta	Sistemas deltaicos	Terrazas aluviales	Gr
1	0	Aluvial actual, delta	Sistemas deltaicos	Terrazas aluviales	Gr
1	0	Aluvial actual, delta	Sistemas deltaicos	Terrazas aluviales	Gr
0	1	Conglomerado cementado con conchas	Areniscas calcareas con ostreideos		
0	1	Arcillas y margas versicolores con calizas	Calizas, margas y arcillas de Almarchal		
0	1	Conglomerados cementados con ostras y Pectínidos. (Facies ostionera)	Areniscas calcareas, arenas, limos amarillos y margas.		

Tabla 3.2. BD_pas1b.xlsx (elaboración propia 2015)

3.2.2.2. BD_pas2

Las características generales de los documentos del grupo son:

- Recoge las columnas de color gris del grupo anterior, BD_pas1, es decir, solo las columnas que se van a introducir en el CBR, el resto de columnas, como se ha citado anteriormente, solo son informativas y no forman parte del análisis en CBR.
- Se cambia el orden de las columnas con el fin de facilitar su uso en el CBR.
- Se establece el blanco como color de fondo de todas las columnas a excepción de los casos señalados como casos muestra ya que a partir de este momento, todos los atributos tienen la misma importancia conceptual, aunque peso diferente, y su análisis ya no requiere la distinción por colores.
- Se simplifica la cabecera de la base de datos. Solo se deja una fila que sirve para identificar cada uno de los atributos ya si se dispusiera de más de una, el CBR la podría confundir con un caso.

En este grupo ya se recogen los resultados de la preparación y análisis inicial realizado al grupo anterior. Se trata de disponer de un grupo de bases de datos preparado para poder realizar la serie 2 de las pruebas con CBR.

El grupo BD_pas2 está formado, al igual que el grupo BD_pas3, por 8 documentos. Cada documento Excel tiene una misión diferente, tal y como se refleja en la Tabla 3.3 y en las aclaraciones siguientes.

Denominación	Hojas contenidas	Contenido y descripción
BD_pas2.xlsx	BCC	136 casos. Los Casos Muestra están marcados en azul
(Documento general base)	Casos BCC	122 casos que van a formar parte de la BCC de la serie 2
	Casos Muestra	14 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 2
BD_pas2a.xlsx	BCC	136 casos. Es copia individual de la hoja BCC de BD_pas2.xlsx
BD_pas2a.csv	BCC	136 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas2b.xlsx	Casos BCC	122 casos. Es copia individual de la hoja Casos BCC de BD_pas2.xlsx
BD_pas2b.csv	Casos BCC	122 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas2c.xlsx	Casos Muestra	14 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 2
BD_pas2c.csv	Casos Muestra	14 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR

Tabla 3.3. Descripción BD_pas2 (elaboración propia 2015)

En la Tabla 3.4. BD_pas2.xlsx, hoja BCC, se marcan en azul los Casos Muestra que nos van a servir para evaluar los resultados que entrega el CBR. Entonces los Casos BCC son el resto de casos, los $136 - 14 = 122$. Una vez distribuidos en hojas separadas del documento Excel general, se separan por documentos: Tabla 3.5. BD_pas2a, Tabla 3.7. BD_pas2b y Tabla 3.9. BD_pas2c con formato "xlsx" para poder finalmente transformarlos a formato "csv": Tabla 3.6. BD_pas2a, Tabla 3.8. BD_pas2b y Tabla 3.10. BD_pas2c en formato csv ya que no es posible convertir todas las hojas del documento a la vez.

	A	B	C	
1	Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura fina colindante	Tipología ci
2	04002SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
3	04005ALT040	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
4	04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
5	11110RAF023	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
6	11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
7	11002PER019	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
8	11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ri
9	11005SAN011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
10	11008GAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
11	11100REA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
12	14920COS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
13	14920MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
14	14650MON001	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
15	14001LLA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ri
16	14001RDT009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cir
17	14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente

Tabla 3.4. BD_pas2.xlsx. Hoja BCC (elaboración propia 2015)

3.2.2.3. BD_pas3

Las características generales de los documentos del grupo son iguales que las del grupo BD_pas2:

- Recoge las columnas de color gris del grupo BD_pas1, es decir, sólo las columnas que se van a introducir en el CBR, el resto de columnas, como se ha citado anteriormente, solo son informativas y no forman parte del análisis en CBR.
- Se cambia el orden de las columnas con el fin de facilitar su uso en el CBR.
- Se establece el blanco como color de fondo de todas las columnas a excepción de los casos señalados como casos muestra ya que a partir de este momento, todos los atributos tienen la misma importancia conceptual, aunque peso diferente, y su análisis ya no requiere la distinción por colores.
- Se simplifica la cabecera de la base de datos. Solo se deja una fila que sirve para identificar cada uno de los atributos ya si se dispusiera de más de una, el CBR la podría confundir con un caso.

En este grupo ya se recogen los resultados de la preparación y análisis inicial realizado al grupo anterior. Se trata de disponer de un grupo de bases de datos preparado para poder realizar la serie 3 de las pruebas con CBR.

Como se ha dicho anteriormente, el grupo BD_pas3 está formado, al igual que el grupo BD_pas3, por 8 documentos. Cada documento Excel tiene una misión diferente, tal y como se refleja en la Tabla 3.11 y en las aclaraciones siguientes.

Denominación	Hojas contenidas	Contenido y descripción
BD_pas3.xlsx (Documento general base)	BCC	136 casos. Los Casos Muestra estan marcados en azul
	Casos BCC	130 casos que van a formar parte de la BCC de la serie 3
	Casos Muestra	6 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 3
BD_pas3a.xlsx	BCC	136 casos. Es copia individual de la hoja BCC de BD_pas3.xlsx
BD_pas3a.csv	BCC	136 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas3b.xlsx	Casos BCC	130 casos. Es copia individual de la hoja Casos BCC de BD_pas3.xlsx
BD_pas3b.csv	Casos BCC	130 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas3c.xlsx	Casos Muestra	6 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 3
BD_pas3c.csv	Casos Muestra	6 casos. Esta en formato "csv" para poder introducirla en el CBR

Tabla 3.11. Descripción BD_pas3 (elaboración propia 2015)

En la Tabla 3.12. BD_pas3.xlsx, hoja BCC, se marcan en verde los Casos Muestra que nos van a servir para evaluar los resultados que entrega el CBR. Entonces los Casos BCC son el resto de casos, los $136 - 6 = 130$. Una vez distribuidos en hojas separadas del documento Excel general, se separan por documentos: Tabla 3.13. BD_pas3a, Tabla 3.15. BD_pas3b y Tabla 3.17. BD_pas3c con formato xlsx para poder finalmente transformarlos a formato "csv": Tabla 3.14. BD_pas3a, Tabla 3.16. BD_pas3b y Tabla 3.18. BD_pas3c en formato csv ya que no es posible convertir todas las hojas del documento a la vez.

	A	B	C	
1	Referencia	Tipologia estructura obra nueva	Tipologia estructura finca colindante	Tipologia cimer
2	04002SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
3	04005ALT040	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
4	04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
5	11110RAF023	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
6	11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
7	11002PER019	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
8	11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios
9	11005SAN011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
10	11008GAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
11	11100REA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
12	14920COS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
13	14920MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
14	14650MON001	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
15	14001LLA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios
16	14001RDT009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cimen
17	14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente

Tabla 3.12. BD_pas3.xlsx (elaboración propia 2015)

3.3. Metodología de análisis de datos

El análisis de los datos también cuenta con tres fases diferentes.

3.3.1. Primera fase de análisis de datos

Esta primera fase de análisis se realiza a lo largo de todo el trabajo de campo. Los datos que forman parte de los posibles casos son analizados para comprobar si van a poder formar parte de la base de datos. Se comparan los datos emitidos por los diferentes medios de un mismo caso y se comprueban, tanto como es posible, la veracidad de cada uno de ellos:

- Datos generales: situación, emplazamiento, número de plantas sobre rasante, bajo rasante, antigüedad aproximada, uso de los edificios, aspecto de su estado antes y después del suceso para edificios derrumbados.
- Datos técnicos: tipo de cimentación, contención y estructura de edificio en obra y edificios colindantes, tipo de cerramientos y cubiertas, tipo de suelo, etc.

A parte de las características de estos edificios, también se analizan las causas que cada uno de los medios ha citado. Recuérdese que sólo los casos en los que el derrumbe de edificios haya podido ser provocado por la ejecución de una obra podrán formar parte de la base de datos como caso de derrumbe.

Formarán parte de la base de datos los:

Casos de sucesos donde existan: derrumbes parciales y totales de fachadas, medianeras, muros, forjados, cubiertas, cimentaciones y contenciones de edificios colindantes a un edificio en obras.

No formarán parte de la base de datos los derrumbes provocados por incendios y explosiones de instalaciones propias o de edificios colindantes como pueden ser las explosiones por gas y los incendios por cortocircuitos. Tampoco formarán parte de esta base los edificios derrumbados por movimientos sísmicos (terremotos).

Por supuesto, también formarán parte de la base de datos los edificios entre medianeras que lindan con edificios nuevos en obras que no han sufrido daño alguno como casos no derrumbados.

3.3.2. Segunda fase de análisis de datos

La segunda fase es donde los datos y casos son analizados con la ayuda de la herramienta Excel que a la vez le da a la base de datos consistencia y unidad. En esta fase, los datos son analizados sobretodo, según su aspecto, forma y características constructivas con el fin de estandarizar los valores que podrán tomar los atributos. Destaca la importancia del uso de filtros en EXCEL para la identificación de valores erróneos (Tabla 3.2. BD_pas1b).

Con esta herramienta Excel se determina el número total de casos validos de nuestra base de datos, cuántos son caídos y no caídos, cuantos han sucedido en cada comunidad autónoma, cuantos edificios con estructura reticular de hormigón han caído, etc., es decir, ya se puede hacer un análisis más detallado del comportamiento de estos casos en conjunto, en función de sus atributos o variables

3.3.3. Tercera fase de análisis de datos

La tercera fase de análisis se realiza mediante un software CBR. El CBR (razonamiento basado en casos) requiere que los datos le sean suministrados por un archivo con extensión csv (*comma separated values*).

Para que estos datos o casos puedan ser tratados por el CBR (Figura 3.8), la herramienta de la que se dispone, GESCONDA II, también está dotada de otros procesos que ayudan a preparar la base de datos para su mejor análisis. Cuando la base de datos haya sido tratada y preparada por estos procesos se podrán ir ejecutando por orden cada una de las fases de CBR. Véase a modo general, algunos de los procesos que se utilizarán en la preparación y análisis de la base de datos en Gesconda II:

- *Data Management* (gestión de datos). Discretiza y estandariza los atributos o variables. Selecciona métodos de medida de distancias entre casos. Selecciona clases y modifica atributos.
- *Feature Weighting* (ponderaciones, pesos). Asigna pesos a los atributos en función de la importancia de cada uno en la base de datos. Estos pesos son preestablecidos por diferentes algoritmos que el usuario puede seleccionar.
- CBR. Razonamiento basado en casos (Figuras 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12).

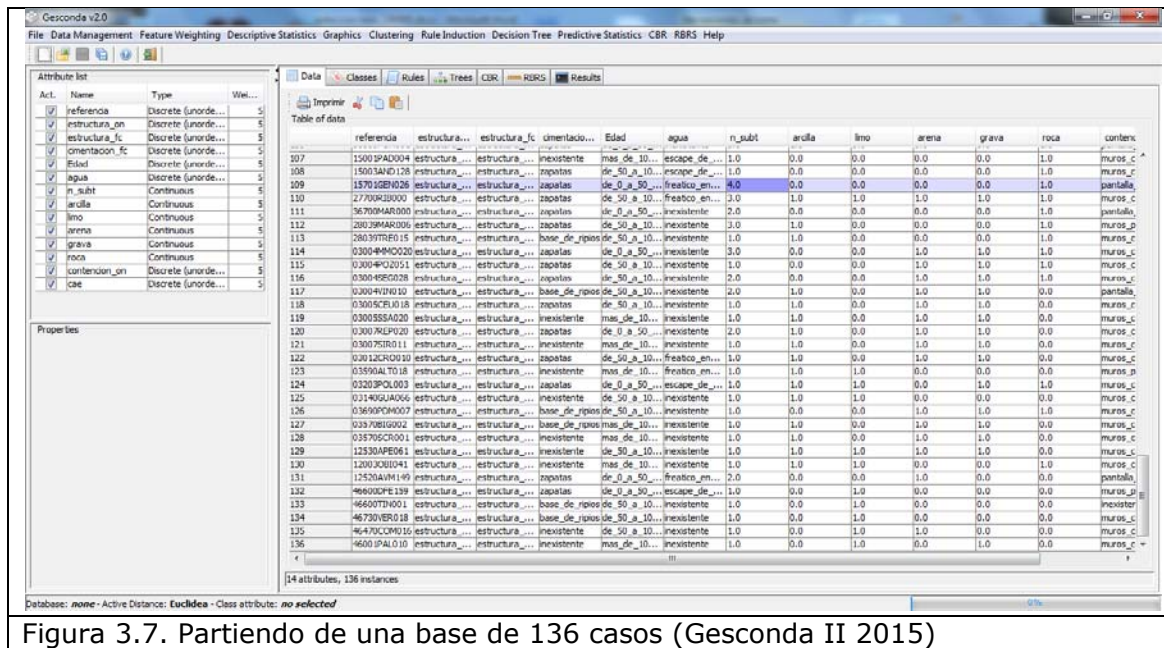


Figura 3.7. Partiendo de una base de 136 casos (Gesconda II 2015)

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

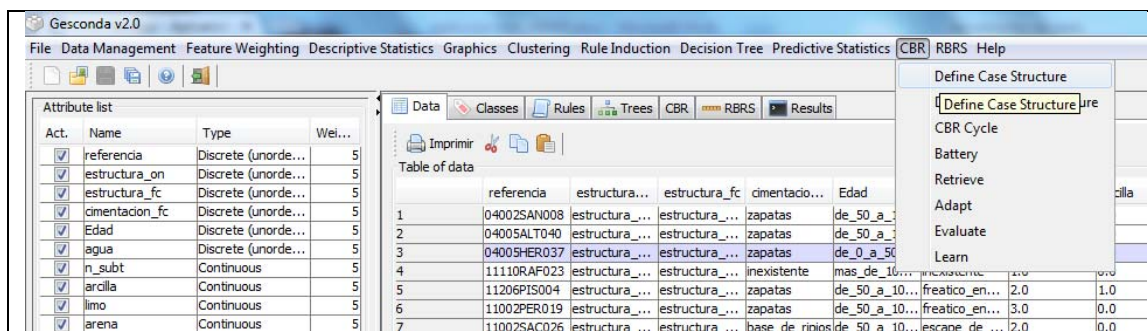


Figura 3.8a. Define Case Structure en menú desplegable (Gesconda II 2015)

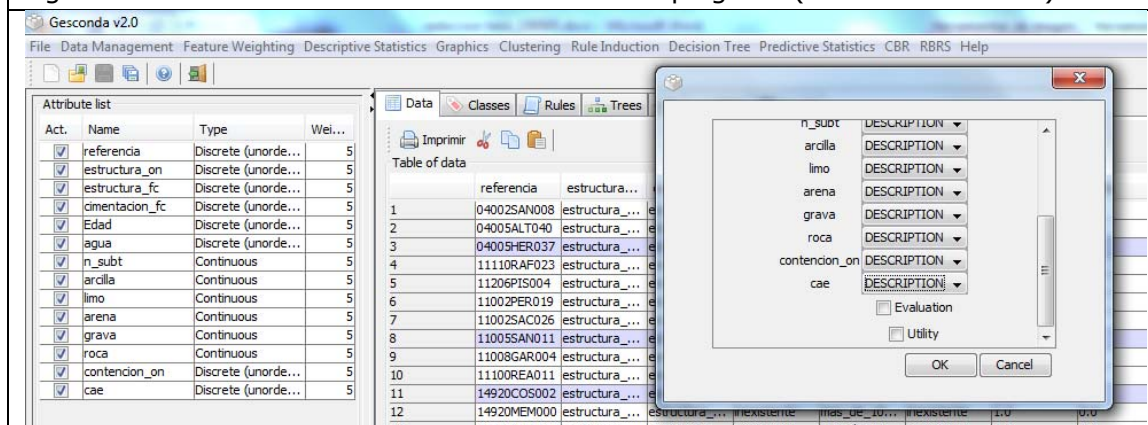


Figura 3.8b. Define Case Structure: Define la estructura de la base de casos, indicándose que atributos actúan como índices, como descriptivos o como soluciones (Gesconda II 2015)

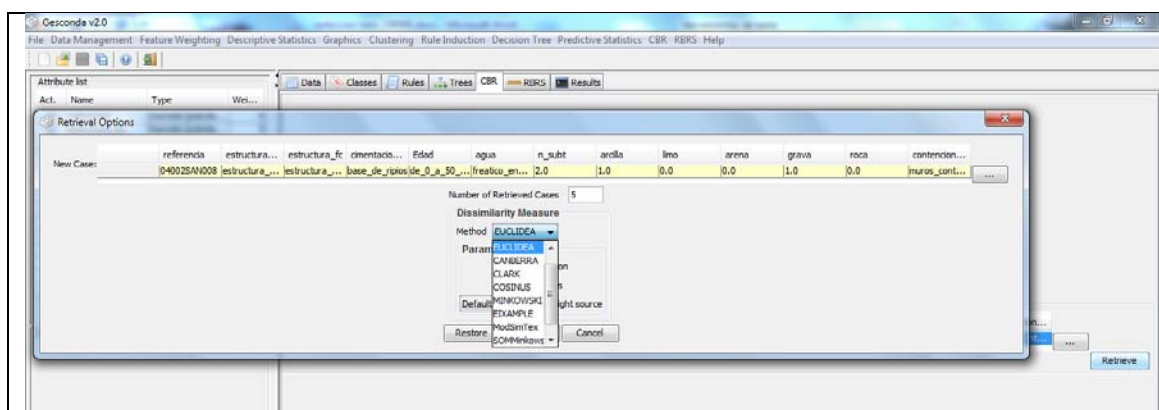


Figura 3.9a. Retrieve: Recupera los casos más cercanos al que se introduce por pantalla (Gesconda II 2015)

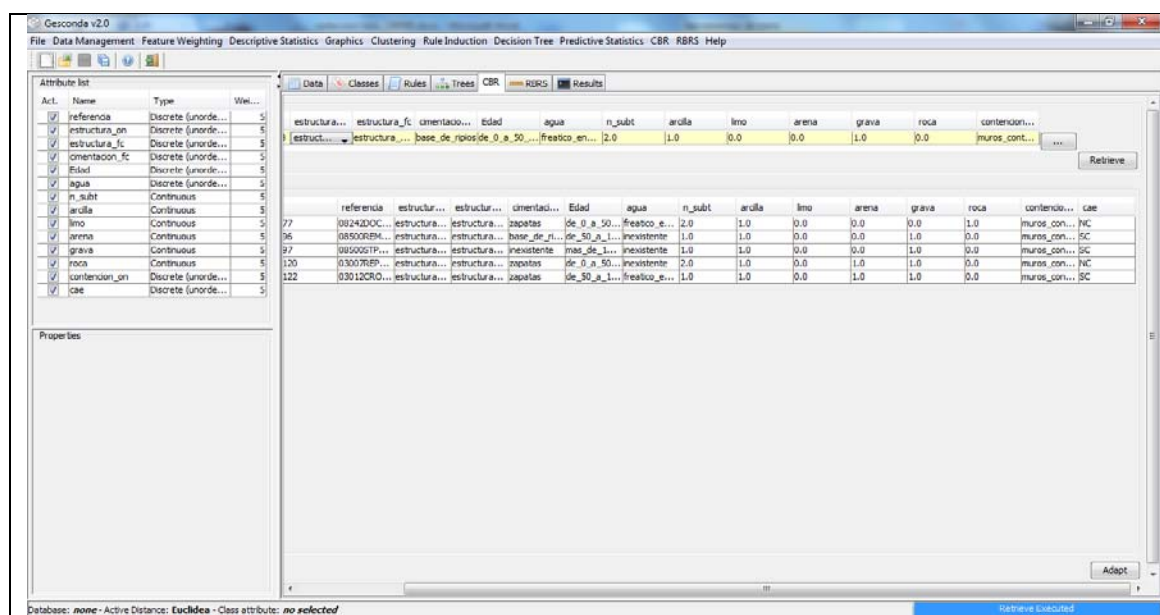


Figura 3.9b. *Retrieve*: En este caso recupera los 5 casos más cercanos utilizando la distancia Euclídea (Gesconda II 2015)

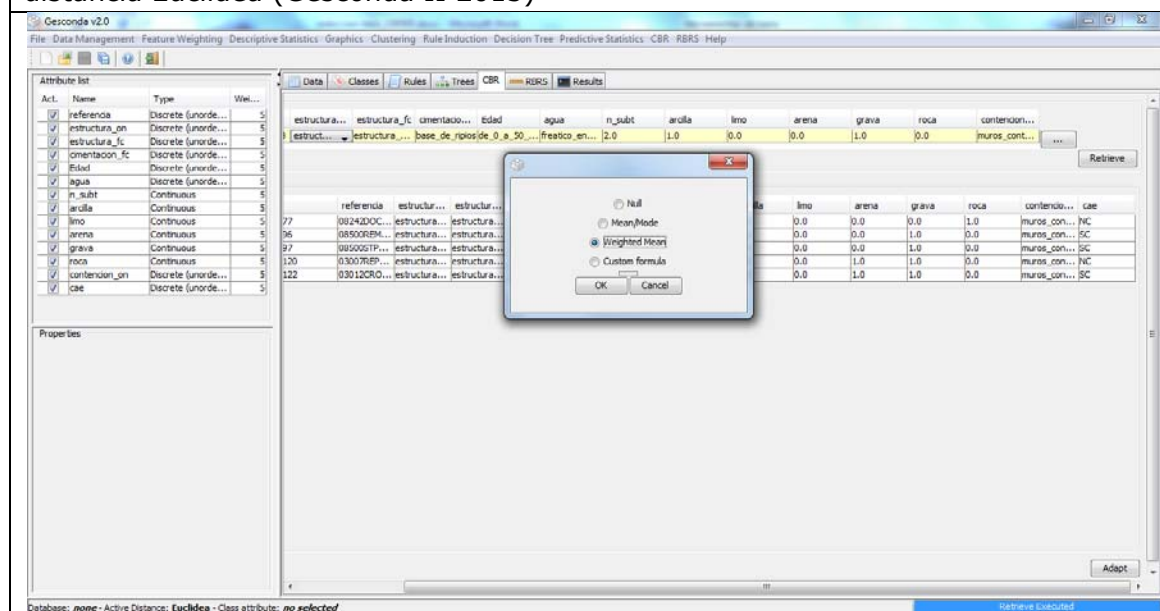


Figura 3.10a. *Adapt*: El sistema adapta el nuevo caso a los 5 más cercanos utilizando *Weighted Mean* (media aritmética ponderada) (Gesconda II 2015)

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

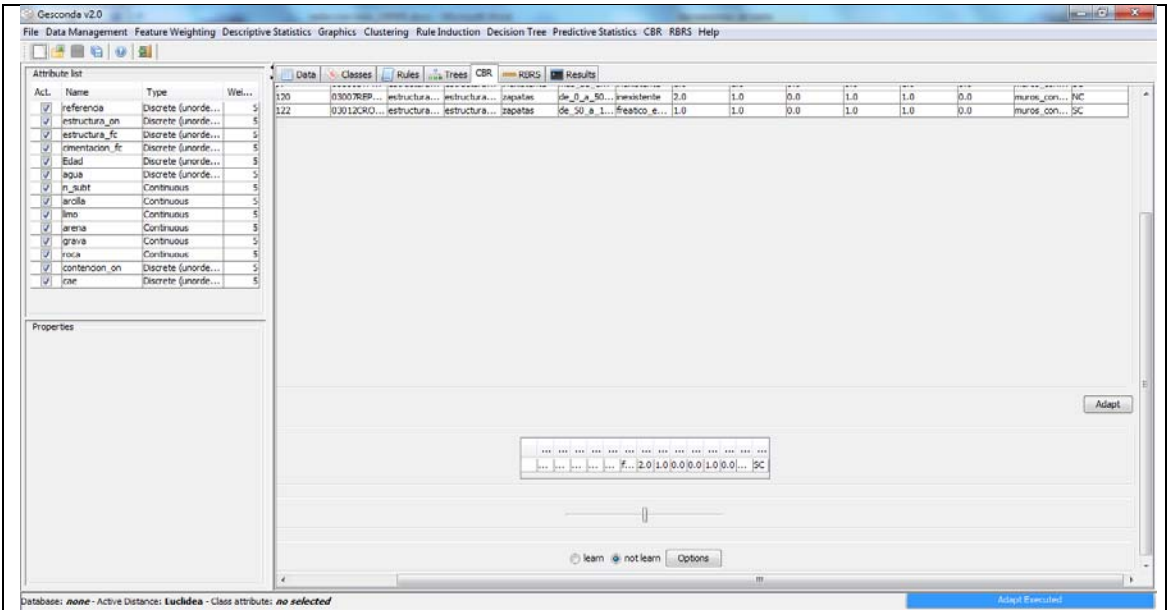


Figura 3.10b. *Adapt*: Con esta adaptación el sistema ha propuesto que el atributo solución del nuevo caso es "SC", es decir, que el edificio "si cae" en esta situación y con el valor de estos atributos (Gesconda II 2015)

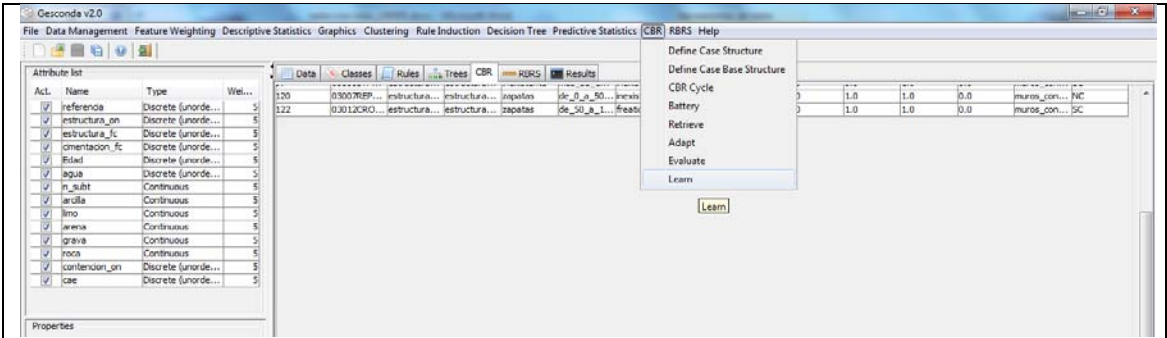


Figura 3.11a. *Learn*: Opción de aprender en el menú desplegable (Gesconda II 2015)

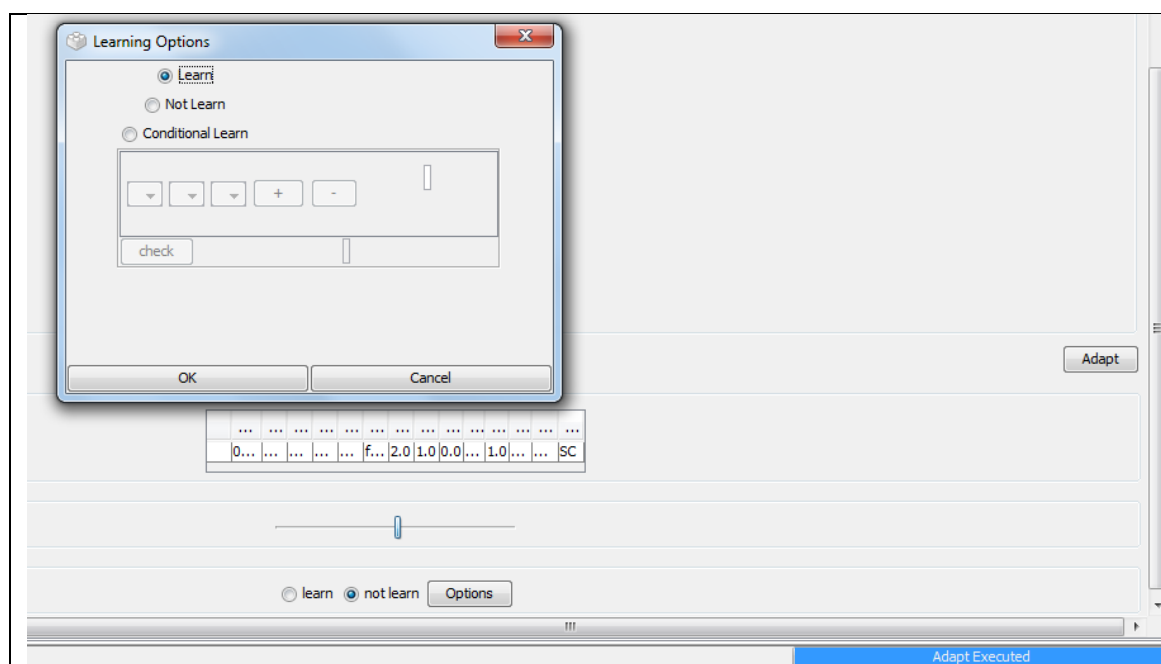


Figura 3.11b. *Learn*: Se le indica al sistema que aprenda, es decir, que el nuevo caso pase a formar parte de la base de casos (Gesconda II 2015)

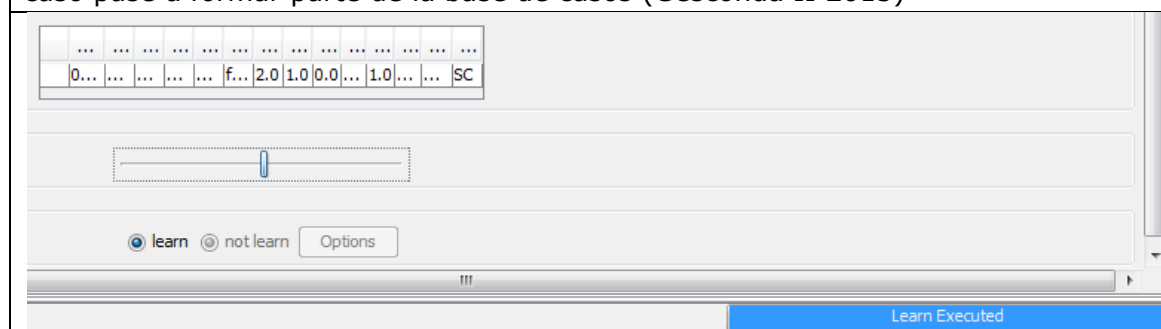


Figura 3.11c. *Learn*: El sistema indica que el aprendizaje ha sido ejecutado (Gesconda II 2015)

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

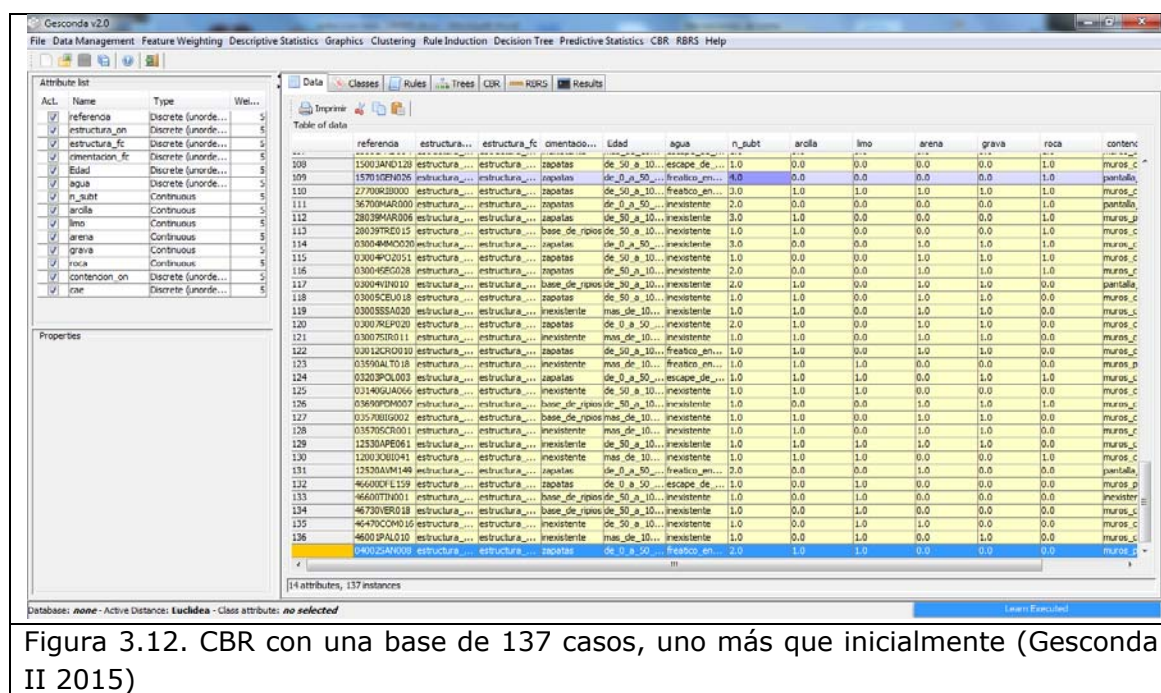


Figura 3.12. CBR con una base de 137 casos, uno más que inicialmente (Gesconda II 2015)

3.4. Metodología del análisis de los resultados

En un primer momento se podría pensar que la única forma de comprobar que el método funciona sería, una vez formada la base de casos, introducir un nuevo caso para su análisis, ejecutar el CBR y ver qué tipo de contención propone para el mismo. A partir de esta propuesta, ejecutar el edificio con, exactamente los mismos atributos introducidos y obtenidos en el CBR y comprobar que el resultado de su ejecución ha sido satisfactorio, es decir, que no ha existido derrumbe de edificios colindantes. Pero esta forma no es la única ni la más apropiada para comprobar que el método funciona, entre otras cosas porque el tiempo de ejecución de un edificio como los de la base de casos está en torno a los dos años.

El introducir caso por caso, y esperar 2 años a comprobar si la solución propuesta es la correcta, es interesante hacerlo en la fase "Learn" del CBR, es decir, cuando ya se sabe que el sistema funciona pero queremos mejorar su ajuste, su porcentaje de aciertos. Esto hace aumentar el número de casos correctos en la base datos, en consecuencia, aumentar su fiabilidad.

La forma que se suele utilizar para comprobar que el método se ajusta a la realidad, es comparar su eficacia apartando o reservando un porcentaje de los casos de la base de datos (por ejemplo 10 %) para la realización de pruebas. Lo bueno de esta comprobación es que para estos casos reservados ya se conoce el resultado, en consecuencia no hace falta ejecutar el edificio para obtenerlo ya que los valores de sus atributos y solución son los de un caso ejecutado que forma parte de la base de casos inicial.

4. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS

4.1. Internet: buscadores, navegadores, Google Earth

4.1.1. Orígenes y definición

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial. Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras, conocida como Arpanet, entre tres universidades en California y una en Utah, Estados Unidos (Wikipedia 2015).

Uno de los servicios que más éxito ha tenido en Internet ha sido la [World Wide Web](#) (WWW o la Web), a tal punto que es habitual la confusión entre ambos términos. La WWW es un conjunto de protocolos que permite, de forma sencilla, la consulta remota de archivos de hipertexto. Esta fue un desarrollo posterior (1990) y utiliza Internet como medio de transmisión.

4.1.2. Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. La primera versión de Google Earth fue lanzada en 2005 y actualmente está disponible en PC para Windows, Mac y Linux. Google Earth también está disponible como plugin para visualizarse desde el navegador web. En 2013 Google Earth se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas (Figuras 4.1a, 4.1b y 4.1c).

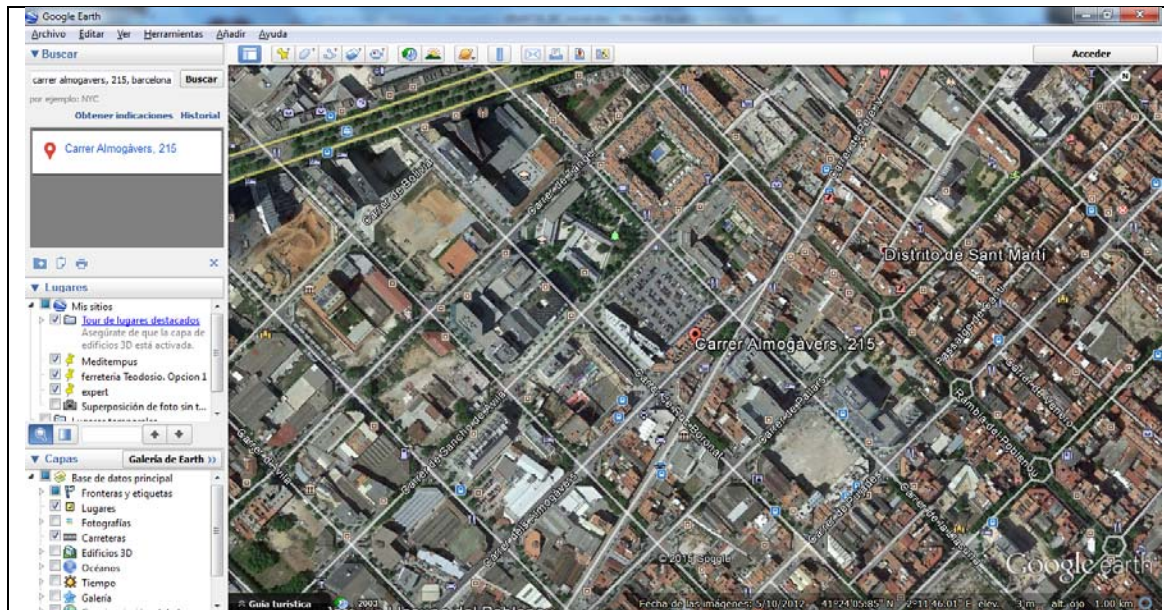


Figura 4.1a. Localización obra-suceso Calle Almogàvers, 215, Barcelona. Relación entre dirección y coordenadas (Google Earth 2015)

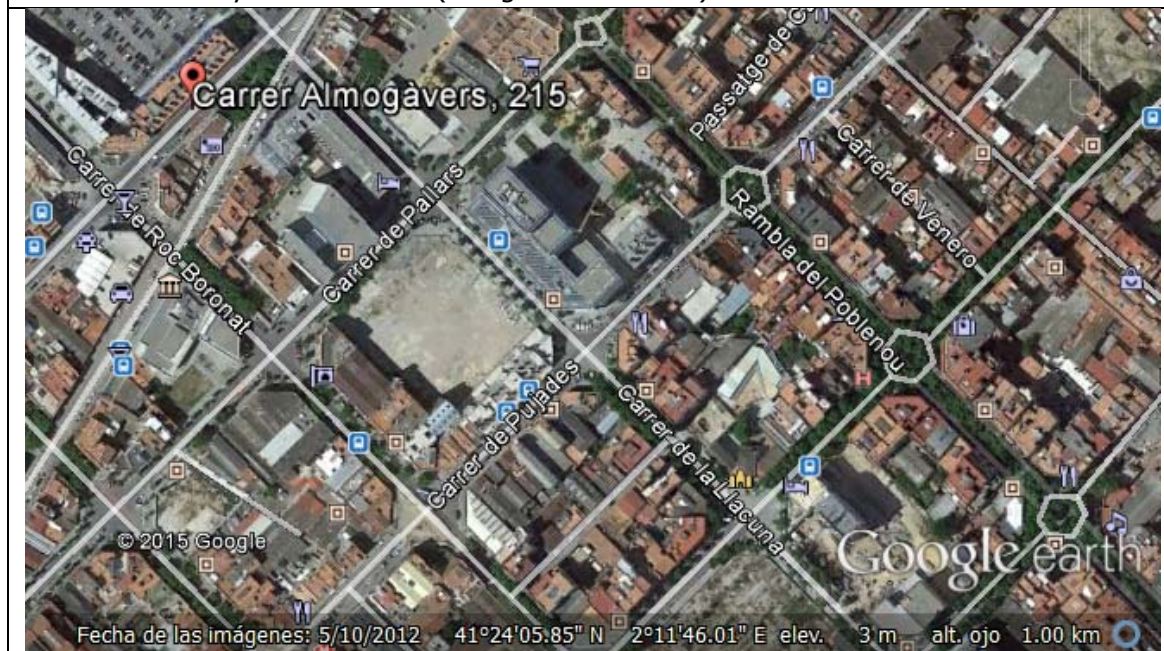


Figura 4.1b. Ampliación de la localización y coordenadas (Google Earth 2015)



Figura 4.1c. Imagen de Street View de la calle Almogàvers, 215, Barcelona (Google Earth 2015)

4.2. IGC e IGME

Tanto el “Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya” (IGC) como el “Instituto Geológico y Minero de España” (IGME) son dos instituciones que tienen por objetivo principal el estudio geológico del terreno en Cataluña y España respectivamente.

De ambos destacan las herramientas de consulta que facilitan el acceso a la información publicada. Los dos proporcionan visores y menús que permiten al usuario seleccionar el mapa geológico de la zona o población que necesita.

Los **visores** facilitan la consulta de la geoinformación descrita en los metadatos de datos. Se presentan versiones especializadas para cada tipo de datos y también se puede consultar todas las capas simultáneamente.

En el caso del **IGC**, el visor muestra una cuadrícula del mapa de Cataluña donde cada una de ellas delimita una unidad de mapa, de esta forma el usuario puede situarse y determinar que mapa de la serie necesita (Figura 4.2).

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

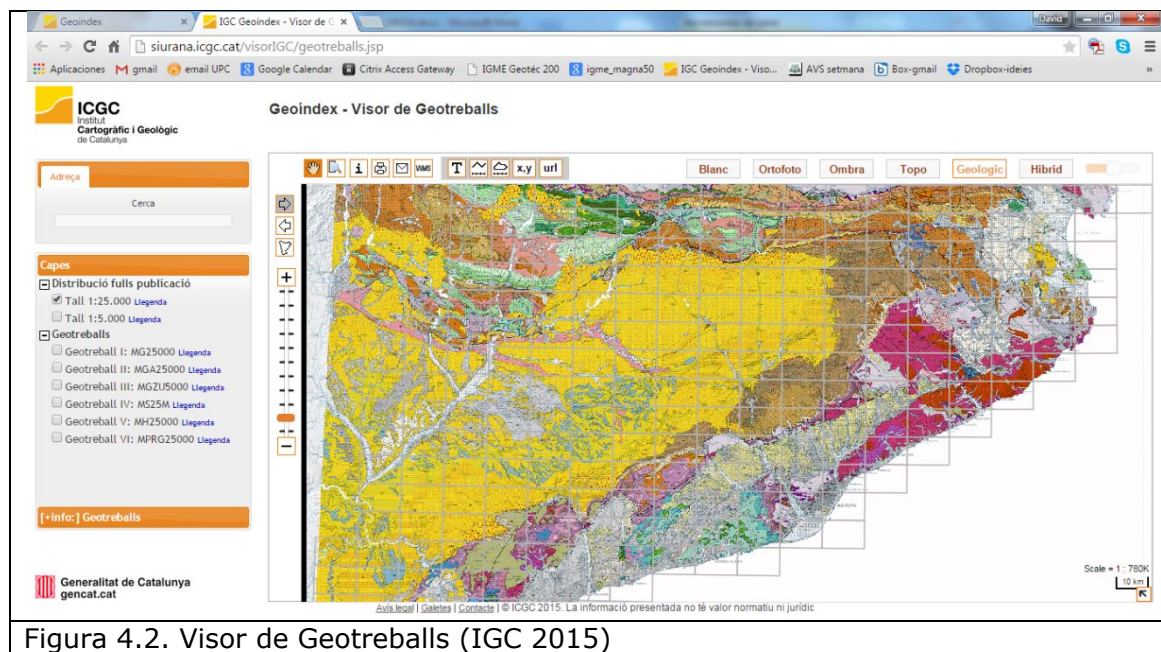


Figura 4.2. Visor de Geotreballs (IGC 2015)

También se puede consultar la serie de mapas geológicos directamente, ya que cada mapa tiene como nombre el nombre de la población más cercana (Figura 4.3).



Figura 4.3. Serie de mapas geológicos de Catalunya: Geotreballs (IGC 2015)

La serie de mapas completa de Cataluña (a fecha actual: 21/05/2015) a escala mayor es 1:50.000, que es con la que se ha trabajado mayoritariamente en la tesis (Figura 4.4).

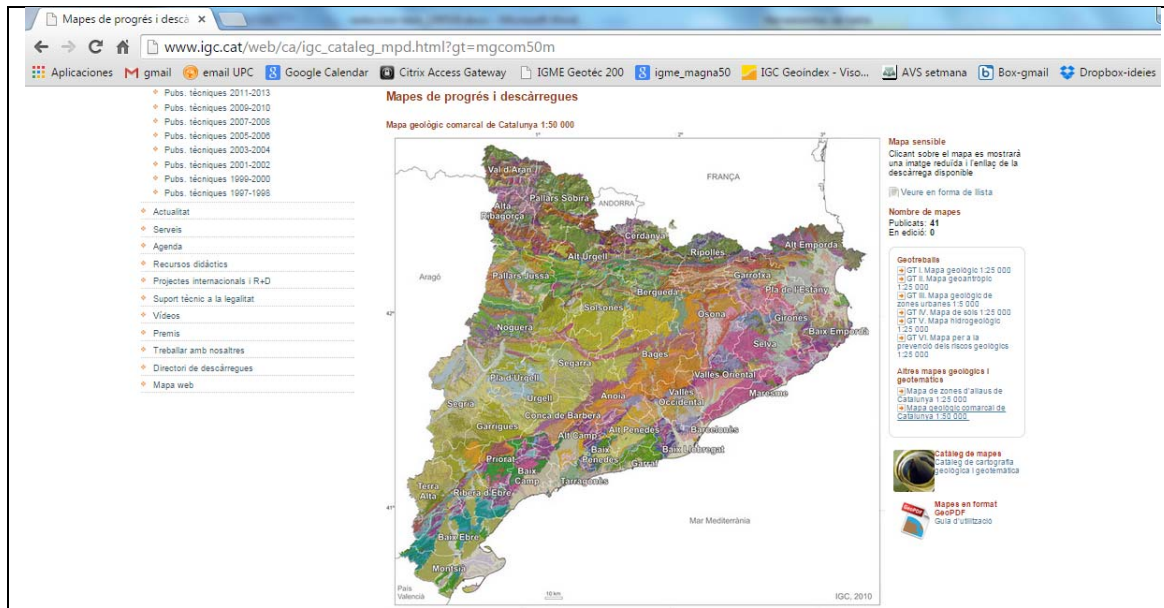


Figura 4.4. Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50.000 (IGC 2015)

En la Figura 4.5 se puede observar una herramienta que ha resultado de gran utilidad para la tesis: "Mapas en formato GeoPDF". Esta es una aplicación que se instala en Acrobat Reader y sirve para conocer las coordenadas en cualquier punto del mapa que se esté visualizando (Figuras 4.5a y 4.5b).

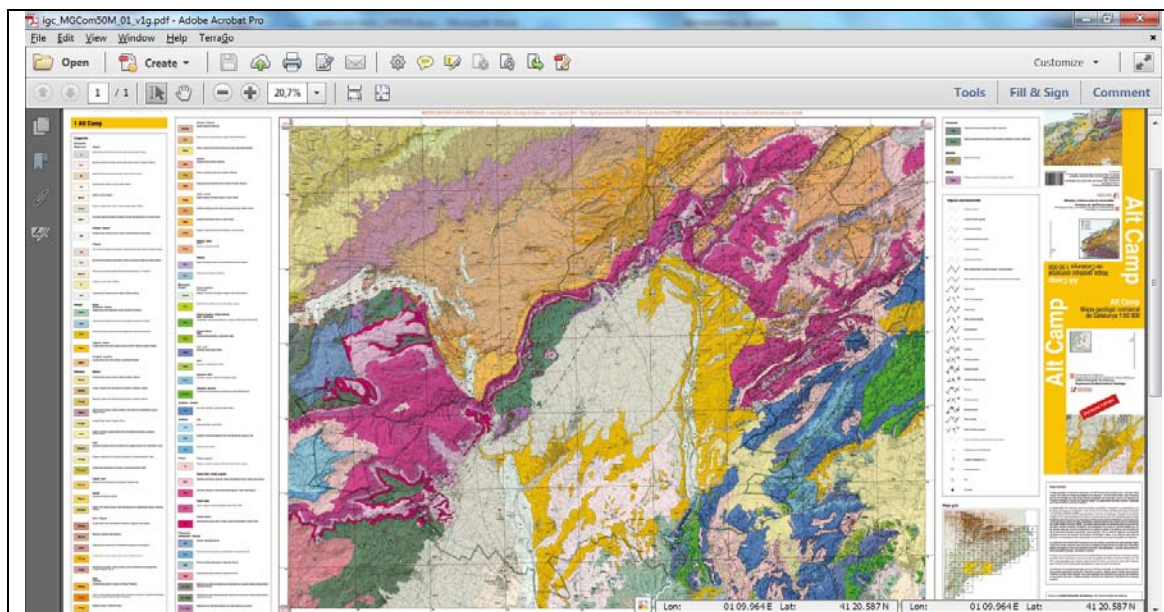


Figura 4.5a. Mapa geològic del Alt Camp a escala 1:50.000 (IGC 2015)

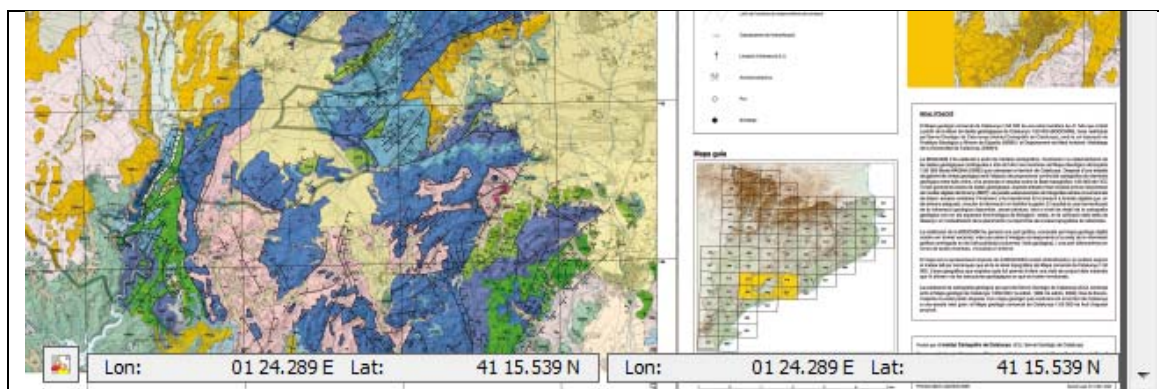


Figura 4.5b. Ampliación de las ventanas de coordenadas (IGC 2015)

El **IGME** también cuenta con un tipo de visor o mapa reticulado que permite seleccionar al usuario la zona o población a estudiar. Este visor muestra la serie cartográfica geológica MAGNA 50, que es la que más usada en esta tesis. Su escala es a 1:50.000 y por tanto el uso de esta contribuye a la estandarización de formatos en este estudio ya que también se utiliza la serie cartográfica 1:50.000 del IGC para toda Cataluña (Figura 4.6).

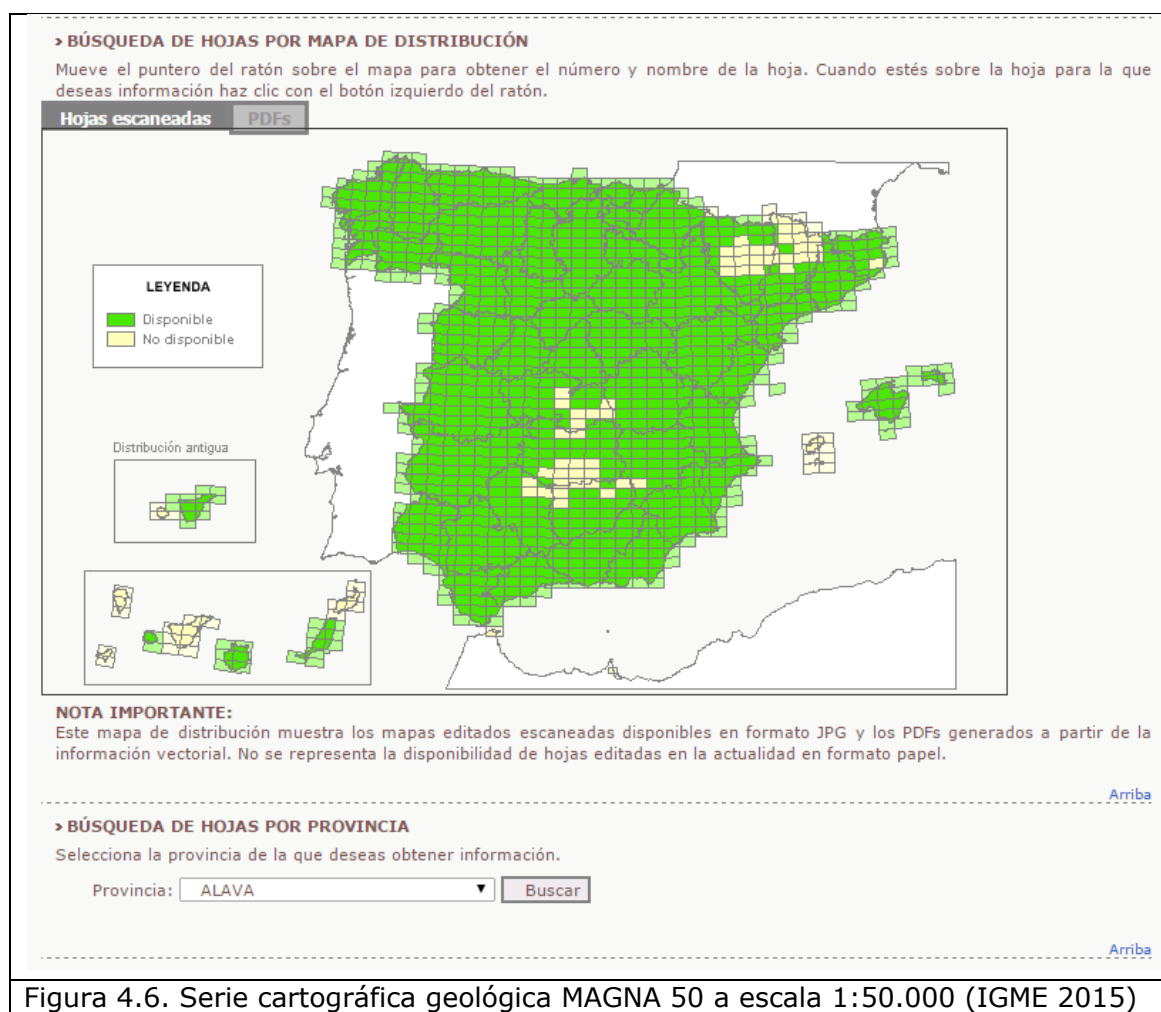


Figura 4.6. Serie cartográfica geológica MAGNA 50 a escala 1:50.000 (IGME 2015)

Se obtienen los mismos resultados con los menús desplegables de provincia y/o municipio. Una vez seleccionada la hoja o zona (Figura 4.7) y presentada en pantalla, en la misma hoja, se puede seleccionar otra hoja adjunta por si la búsqueda inicial no sido lo suficientemente ajustada.

MAGNA 50 (2ª Serie) > Hoja 1061 - CÁDIZ

Pulsa [aquí](#) si quieres buscar otra hoja.

INFORMACIÓN DE LA HOJA

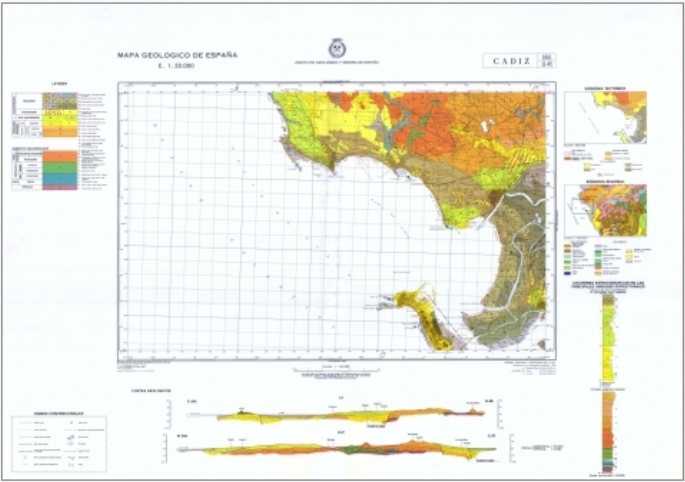
Número: 1061
Nombre: CÁDIZ
División: 11-45
Huso: 29

Autores:
J. Baena Pérez (ENADIMSA)
C. Zazo (ENADIMSA)
J.L. Goy (ENADIMSA)
Dirección y supervisión:
(ITGE)

HOJAS PRÓXIMAS

	1047 SANLÚCAR DE BARRAMEDA	1048 JEREZ DE LA FRONTERA
	1061 CÁDIZ	1062 PATERNA DE RIVERA
	1068 SAN FERNANDO	1069 CHICLANA DE LA FRONTERA

ACCESO A LA IMAGEN ESCANEADA DE LA HOJA 1061 DEL MAGNA 50



> Mapa editado del MAGNA50: hoja 1061 (2,44 MB)




Imagen georreferenciada y recortada. Pulsa [aquí](#) para descargar el .zip con la imagen recortada por el marco de la hoja 1061.
El archivo .zip contiene el fichero .jpg de imagen y dos ficheros asociados .jgw y .aux de georreferenciación, necesarios para su correcta visualización. Imágenes georreferenciadas en coordenadas geográficas (ED 1950).

DESCARGA DEL PDF DEL MAPA COMPUESTO - HOJA 1061

PDF del Mapa
Adobe Reader

PDF de la Leyenda
Adobe Reader

Mapa dinámico
Internet Explorer

Figura 4.7. Hoja 1061-Cádiz (IGME 2015)

Desde cada una de las hojas se puede obtener el mapa correspondiente a la zona en formato "jpg" (Figura 4.8), "pdf" y acceder al mapa dinámico. El mapa dinámico abarca toda la Península Ibérica, Illes Balears e Islas Canarias a excepción de Portugal y Cataluña, información de la cual se encarga el IGC.

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

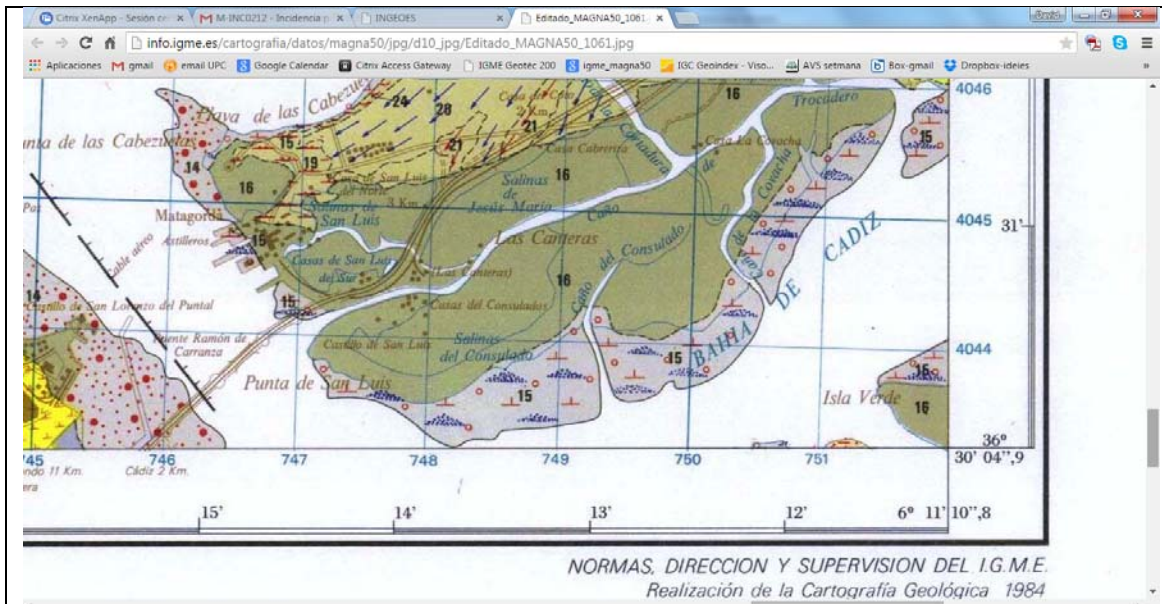


Figura 4.8. Coordenadas en mapa formato "jpg" aumentado de Cádiz escala 1:50.000 (IGME 2015)

Este mapa dinámico (Figura 4.9) es una muy buena herramienta, ya que dispone de distintas utilidades que permiten aumentar de tamaño y orientar la zona a observar, conocer en todo momento las coordenadas del puntero e identificar la composición del suelo señalada.

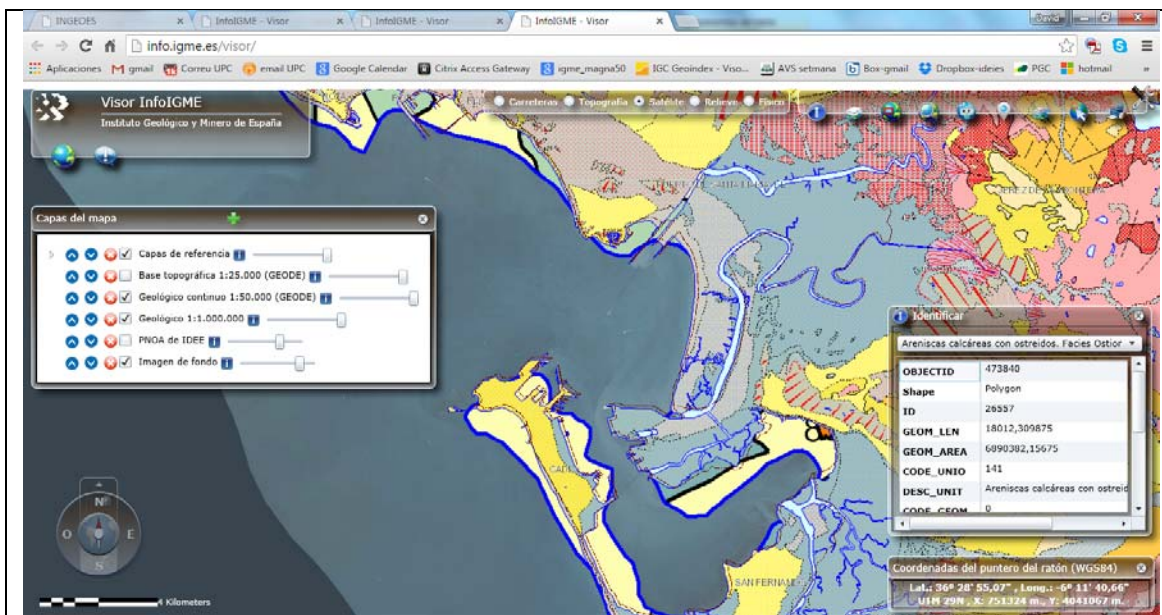


Figura 4.9. Mapa dinámico (IGME 2015)

Cabe puntualizar que aunque los 3 formatos de mapas IGME citados pertenecen a la serie MAGNA 50 de escala 1:50.000, la información incluida en ellos no siempre está definida de la misma manera.

Por ejemplo, comparando la composición del suelo citado en el mapa formato JPG versus mapa dinámico para un punto concreto de Cádiz, exactamente el número 3 de la calle Fernández Shaw, es "Conglomerados cementados con ostras y

Pectínidos. (Facies ostionera)” y “Areniscas calcáreas, arenas, limos amarillos y margas” respectivamente. Si se analizan estas definiciones en detalle se observa la similitud entre ellas. Entonces, con el fin de poder contrastar y complementar lo máximo posible la información ofrecida por IGME, se ha optado por usar ambos formatos, ya que uno complementa al otro.

4.3. Base de datos: conjunto estructurado de las obras estudiadas.

Como se ha comentado anteriormente, la base de datos es la herramienta intermedia que se utiliza para mantener el conjunto de casos que posteriormente es introducido al CBR.

Ante la imposibilidad de mostrar las BBDD completas, debido a su gran formato, en este documento principal de la tesis, se muestran pequeñas vistas que ayudan al lector a identificar las BBDD que se incluyen en el Anexo 1.

La base de datos inicial ya sólo incluye los casos que han sido previamente analizados y dados por buenos en la segunda fase de la metodología de análisis de datos y la segunda fase de la metodología de trabajo de campo. La base de datos inicial, BD_pas1a consta de 136 casos dispuestos en 136 filas. Esta base de datos se ha diseñado en Excel, herramienta muy usual y potente a la cual disponemos de fácil acceso y manejabilidad (Tabla 3.1. BD_pas1a).

Dispone de 34 columnas, ordenadas de izquierda a derecha en la que cada columna recoge el valor de un atributo en concreto. Se adjunta descripción de cada variable en tabla explicativa de atributos (Tabla 4.1).

	A	B	C	
1				TABLA EXPLICATIVA DE ATRIBUTOS
2	GRUPO	COLUMNA	DENOMINACION	EXPLICACION
3			Referencia	Código de referencia para identificación unívoco del caso. Cadena de 11 caracteres donde los 5 primeros caracteres ocupan la obra
4			si/no caídas	Se definen 2 subconjuntos dentro del conjunto de obras, las que producen el derrumbe, las que no lo producen
5				Se definen 5 tipos de contención de obra nueva, es decir la contención que se ejecuta en el terreno por: Inexistente: puede ser que exista muro o parte de él pero no apto de contención de tierras, (muros sin: muros contención a una cara: son muros que contrarrestan el empuje horizontal generado por las tierras, muros pantalla: es un muro de contención que se construye antes de efectuar el vaciado de tierras.
6				pantalla micropilotes: estructura de contención a base de pilotes de diámetro pequeño, atados por vigas, pilotes: estructura de contención flexible. Puede ser del tipo de pilotes separados, tangentes o entrecruzados.
7			Tipología contención obra nueva	Se definen 4 tipos de estructura de obra nueva. Estos tipos son los más habituales y entre estos, actúan: estructura de hormigón y forjado reticular: sus forjados poseen los elementos resistentes o nervios de hormigón. También llamados bidireccionales.
8				estructura de hormigón y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos en los que los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes y los nervios de hormigón.
9				estructura metálica y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos en los que los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes y los nervios de hormigón.
10				estructura de fábrica y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, resistentes, muros de carga, van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes y los nervios de hormigón.
11			Tipología estructura obra nueva	Se definen 3 tipos de estructura de fincas colindantes. Estos tipos son los más habituales y cuanto más se definen mejor.
12				
13				
14				
15				
16				

Tabla 4.1. Tabla explicativa de atributos (elaboración propia 2015)

Cada una de las columnas incorpora un filtro para poder discriminar los casos que no queremos observar o analizar en un momento determinado.

Aunque no se ha resaltado en la base de datos, se detectan posibles agrupaciones de variables que facilitan el trabajo de introducción de casos a la base, es decir:

Grupo 1. Identificación y emplazamiento: Comunidad autónoma, provincia, población, emplazamiento del caso estudiado y de la obra ejecutada, referencia, latitud y longitud.

Grupo 2. Determinación de las características del terreno. Estudio geotécnico y presencia de agua.

Grupo 3. Situación y estado en el tiempo: fecha de suceso, fecha de visita, estado de la obra: parada o en ejecución y fase en que se encuentra.

Grupo 4. Descripción de las características constructivas relevantes del edificio nuevo o a construir: tipología estructura obra nueva, tipología cimentación/contención obra nueva, numero de plantas subterráneas.

Grupo 5. Descripción de las características constructivas relevantes del edificio colindante: tipología estructura edificio colindante, tipología cimentación/contención finca colindante y edad finca colindante.

Grupo 6. Descripción de las consecuencias derivadas del inicio de la construcción: medidas preventivas, daños observados, posibles causas y derrumbe.

Grupo 7. Identificación de las empresas responsables de la obra: promotor y constructor.

Se muestra gráficamente en la tabla explicativa de los atributos los grupos referenciados (Tabla 4.1).

Respecto al documento Excel BD_pas1b del grupo BD_pas1, ya no incorpora las 2 primeras filas en la cabecera que si lo hace el BD_pas1a. Solo incluye una fila de denominación por columna, para poder filtrar por columna adecuadamente (Tabla 3.2. BD_pas1b).

4.4. Sistema experto: razonamiento basado en casos (CBR)

Gesconda II es un sistema de análisis de datos inteligente para la gestión del conocimiento.

Gesconda II es un proyecto desarrollado por KEMLg (Grupo de Ingeniería del Conocimiento y Aprendizaje Automático de la UPC), que nace en el año 2000 con financiación parcial del gobierno español. La finalidad del proyecto es crear una herramienta de gestión del conocimiento. Desarrollada 100% en Java, esta herramienta surge por la necesidad de tratar la gran cantidad de información heterogénea y conocimientos implícitos que son inherentes a las bases de datos resultantes de la monitorización de los procesos medio ambientales (Sevilla 2009, Sánchez-Marré et al., 2004).

El desarrollo del código Java fue realizado bajo la plataforma Eclipse, un potente IDE *opensource* que permite entre otras funcionalidades, navegar de forma fácil por

el código, compilar, ejecutar y depurar el código de aplicación que se está desarrollando.

El código desarrollado fue almacenado en un repositorio SubVersion que permite un potente control de versiones en trabajo local y remoto. Además da la posibilidad de compartir el código entre diferentes equipos sin que estos interfieran unos con otros. SubVersion es un producto de tigris.org bajo licencia Apache/BSD.

Para la adaptación del código de los diferentes módulos de Gesconda II, se utilizó una herramienta llamada Meld, con licencia GLP. Con esta herramienta se compararon los directorios del código fuente y los propios ficheros con el fin de eliminar clases redundantes y se incorporó todo el código común en un *package* compartido entre los diferentes módulos.

Al desarrollar la funcionalidad de la capa de presentación, se requería de cierta mejora en las clases que generaban los gráficos de análisis (histogramas, gráficos de barras, plots, etc.) y la implementación actual era muy limitada. Se incorporó entonces la librería LGPL, JfreeChart, que permite generar gráficos más potentes y adaptables a las necesidades de la aplicación. JfreeChart, a la vez, usa la librería Jcommons, también LGPL que también fue incorporada al código.

El producto final fue empaquetado en un solo archivo entregable, utilizando one-jar, que permite incluir librerías en un mismo archivo jar reemplazando el ClassLoader de la máquina virtual por uno especializado que es capaz de descomprimir el proyecto en tiempo de ejecución. (Olm 2005).

Gesconda II integra métodos estadísticos y de IA, con la capacidad de gestionar explícitamente el conocimiento producido en las bases de conocimiento, técnicas mixtas que pueden cooperar entre ellas para descubrir y extraer el conocimiento contenido en los datos y análisis dinámico, etc., permitiendo la interacción entre todos los métodos.

En base a experiencias previas, Gesconda II se ha diseñado como una arquitectura multinivel de 4 capas, que conecta al usuario con el sistema o proceso ambiental. Estas 4 capas son (Figura 4.8):

Capa 1. Filtrado de datos:

- Data cleaning
- Análisis y tratamiento de datos *Missing*
- Análisis y tratamiento de *Outliers*
- Análisis estadístico univariante
- Análisis estadístico bivariante
- Herramientas de visualización
- Transformación de variables

Capa 2. Recomendación y gestión de meta-conocimiento:

- Definición del objetivo del problema
- Recomendación del método

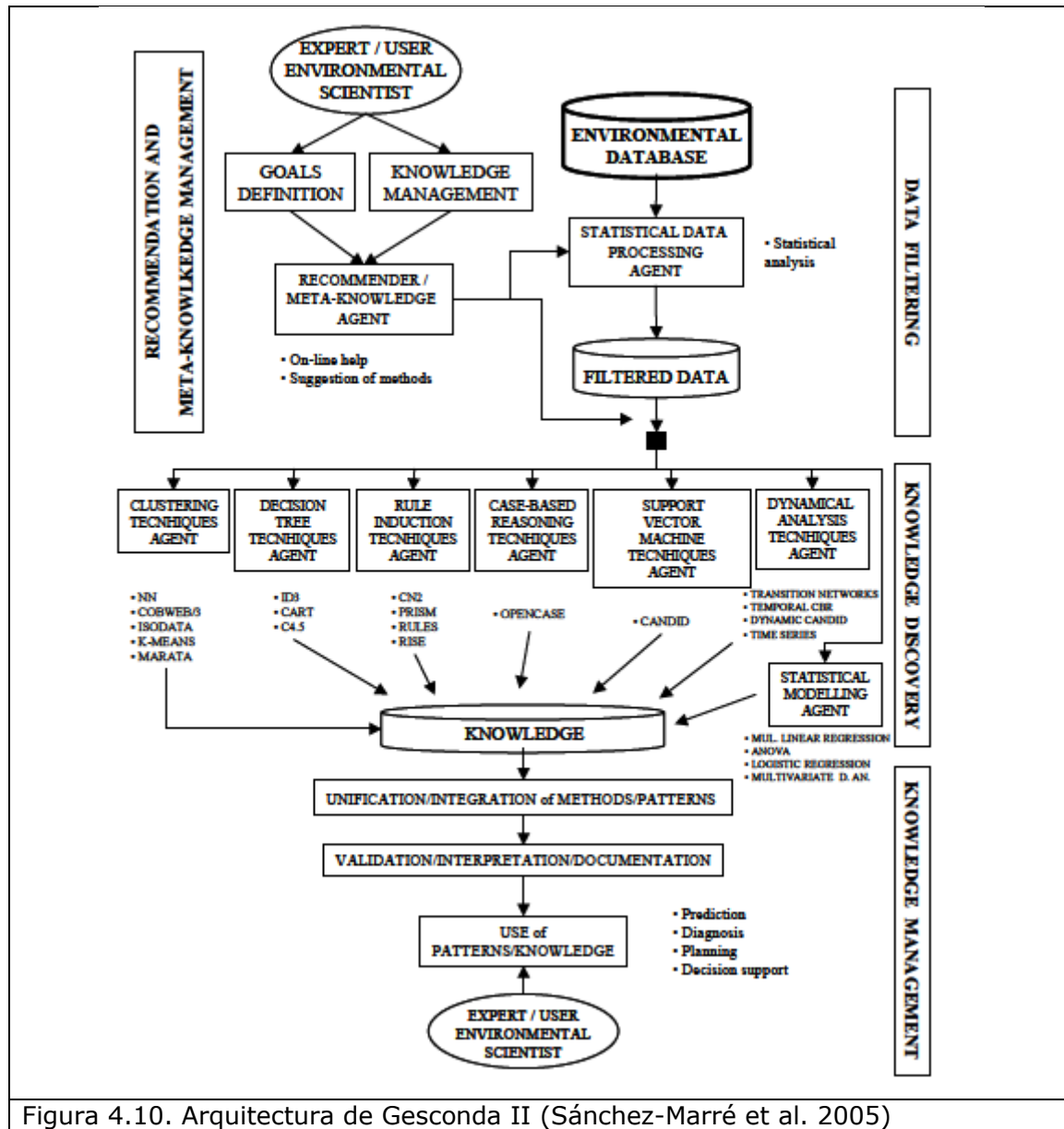
- Instanciación de parámetros
- Gestión del meta-conocimiento sobre las variables (o atributos)
- Gestión del meta-conocimiento relativo a los objetos o ejemplos
- Explicitación del conocimiento del dominio

Capa 3. *Knowledge discovery* (descubrimiento del conocimiento):

- *Clustering* (aprendizaje automático y estadística)
- Inducción de árboles de decisión
- Inducción de reglas de clasificación
- **Razonamiento basado en casos**
- Máquinas de vector de soporte
- Modelización estadística
- Análisis dinámico

Capa 4. Gestión de conocimiento:

- Integración de distintos patrones de conocimiento para predicción, o para planificación, o supervisión de sistemas
- Validación del conocimiento adquirido
- Utilización del conocimiento por los usuarios
- User interaction



4.4.1. Funcionalidad de Gesconda II

Pantalla principal:

- I. **Barra de menú y barra de herramientas.** Contienen las opciones que Gesconda II ofrece al usuario. Tanto el menú como la barra de herramientas son configurables mediante un fichero "xml", hecho que permite adaptar la disposición y funcionalidad de la aplicación sin tener que modificar su código fuente.
- II. **Vista de variables contenidas en la base de datos activa.** La parte superior es una lista de las variables, desde donde se pueden activar o desactivar, cambiarles el nombre, el peso o realizar acciones sobre ellas con el menú contextual del ratón (botón derecho). La parte inferior es una vista

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

de propiedades de la variable seleccionada de la lista superior además de un gráfico representativo de los valores de la variable.

III. **Área principal donde se muestran las diferentes vistas organizadas en pestañas.** Las vistas que se muestran en el área principal, permiten ver los datos, las clases y sus prototipos, las reglas generadas por los algoritmos de inducción, los árboles de decisión generados, el proceso CBR, RBRS y una vista de resultados en modo texto, para los algoritmos que no ofrecen una representación visual.

IV. **Barra de estado.** En su parte izquierda se indica la base de datos con la que se está trabajando, la función de distancia activa y la variable de clase. En su parte derecha hay una barra de progreso que informa del estado de ejecución de los algoritmos.

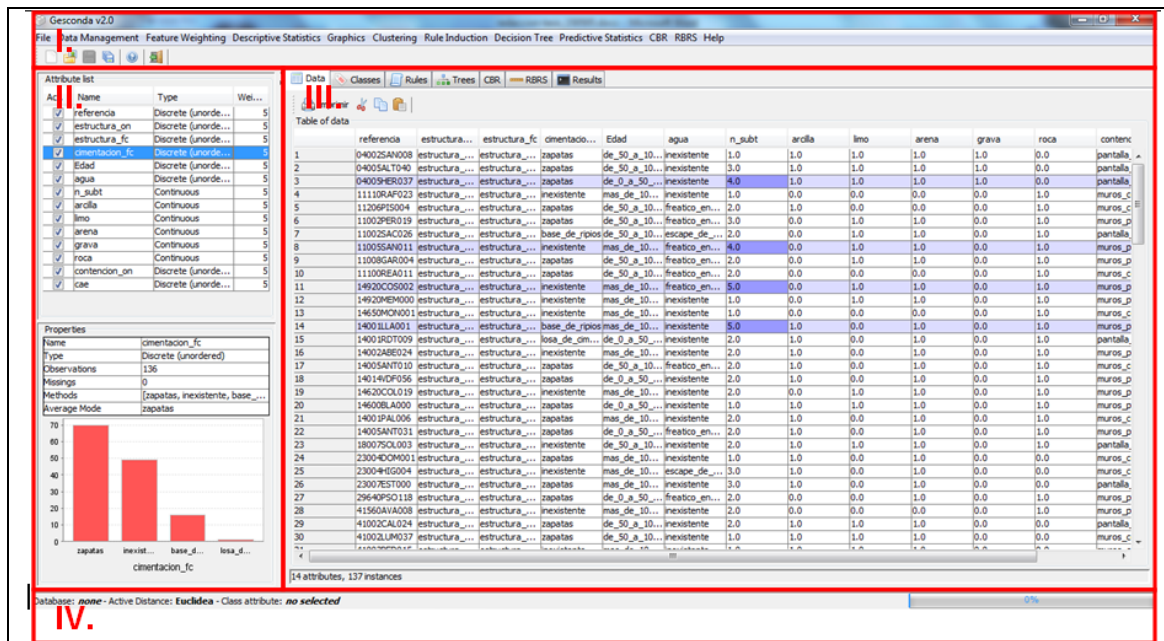


Figura 4.11. Pantalla principal del CBR (Gesconda II 2015)

Se adjunta funcionalidad más detallada en Anexo 2. Funcionalidad Gesconda II.

5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

5.1. Primera fase del desarrollo del estudio. Recogida de información en trabajo de campo

En esta primera fase experimental, se ha acudido a diversas fuentes para recoger información. Como ya se ha comentado anteriormente, esta información se ha conseguido de experiencias propias, experiencias de compañeros, colegas, prensa e internet.

Para poder contar con un grueso de casos de edificios derrumbados, inicialmente se realiza un acceso a internet por palabras clave.

Para empezar, se consulta en varios buscadores que puedan aportar el número de casos necesarios e iniciar el estudio: Google, Yahoo, Bing (anteriormente Live Search, Windows Live Search y MSN Search). Después de comprobar que la mayoría de los casos obtenidos en el buscador Google se repiten en los otros dos, se toma la determinación de escogerlo como buscador base de casos. Esto no significa que los otros 2 ya no vayan a utilizar más, pero sí que se quiere indicar que solo se utilizará Google para encontrar casos nuevos y los otros 2 para reforzar la búsqueda en aquellos casos en los que la información obtenida en Google no se considere suficiente para la incorporación de un caso a la base. El número, por concepto de búsqueda, de casos obtenidos vía buscador Google durante el periodo de setiembre 2005 a setiembre 2006 fueron los siguientes (tabla 5.1):

Concepto de búsqueda	Numero de resultados	Válidos
Derrumbe edificio	52	41
Derrumbe medianera	28	23
Derrumbe muros edificio	19	19
Derrumbe fachada	14	14
Desalojo viviendas	65	9
Derrumbe Andalucía	24	16
Derrumbe Alicante	16	8
Derrumbe Cataluña	16	11
Derrumbe Barcelona	13	9
Tabla 5.1. Búsqueda a través del buscador Google por conceptos (elaboración propia 2015)		

Con respecto a estos resultados obtenidos desde el buscador Google, cabe destacar que se ha seguido un orden en la utilización de los conceptos de búsqueda, de más general a más detallado. Primero se han introducido conceptos concretos pero no se han introducido zonas de búsqueda detalladas. A medida que se ha avanzado en la búsqueda se han introducido conceptos de localización mas determinados, como nombre de comunidades autónomas, ciudades e incluso pequeñas localidades.

Para el grueso de casos que no han sufrido derrumbe, sobre todo, se ha pedido la colaboración a colegas del ramo. Se detalla a continuación el número de casos y los técnicos que los aportan:

- Patricia Rodríguez, Arquitecto Técnico: 7 casos
- Carme Jiménez, Arquitecto Técnico: 6 casos
- Daniel Gibert, Arquitecto Técnico: 8 casos
- Lluís Pellisé, Arquitecto Técnico: 2 casos
- Juan Melero, Arquitecto: 3 casos

Casos propios:

- David Huidobro, Ingeniero Industrial: 5 casos.

5.2. Segunda fase del desarrollo del estudio. Introducción y análisis en la base de datos

De los 136 casos de la muestra, 55 son casos de derrumbes, mientras que 81 corresponden a obras que no han generado el derrumbe de una finca colindante.

De los 136 casos observados, 33 son en la comunidad autónoma de Andalucía, 6 en Asturias, 6 en Baleares, 1 en Islas Canarias, 3 en Castilla-León, 56 en Cataluña, 1 en Extremadura, 5 en Galicia, 2 en Madrid y 23 en Valencia.

Los casos han sucedido entre los años 2002 y 2010, mientras que las consultas y visitas se han realizado en el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

La tipología de estructura de la obra nueva se distribuye en: 1 caso de estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional, 5 de estructura metálica y forjado unidireccional, 22 de estructura de hormigón y forjado unidireccional y 108 de estructura de hormigón y forjado reticular.

En la columna correspondiente a la identificación del estado de la obra en fecha de visita, se determinan los siguientes valores: 2 de movimiento de tierras, 45 de contención/cimentación, 32 de estructura, 12 de cerramientos, 1 de acabados y 44 de obra finalizada.

Respecto a las medidas preventivas detectadas, de los 47 casos en que existían apuntalamientos, arriostramientos, refuerzos de las fincas colindantes, ya fuera en fachadas, muros, medianeras y/o contenciones/cimentaciones, en 24 ha existido derrumbe y en 23 no. Respecto a las posibles causas de estos derrumbes, en 35 de ellos las damas o bataches abiertos para la realización de la contención/cimentación del nuevo edificio eran de un tamaño superior al adecuado, en 14 de ellos en el momento del derrumbe, la lluvia, la presencia de nivel freático, un escape de agua en la red de suministro o la rotura del saneamiento afectaban al solar en construcción y a la finca colindante.

La tipología de contención de obra nueva es la que describe que contención se ha utilizado en el edificio nuevo. Este campo es clave en el estudio de la tesis, de hecho es el atributo solución cuando lo que queremos es determinar qué tipo de contención se debe ejecutar en la obra nueva desde el CBR.

De los 136 casos de la muestra, 24 se han ejecutado con "contención obra nueva" de pilotaje o micropilotaje, de estos, 5 han causado derrumbe. Los muros pantalla se han ejecutado en 38 ocasiones, de las cuales se han sucedido 9 derrumbes. Otro de los tipos de contención es muros contención a una cara, donde de los 73 casos ejecutados se ha producido derrumbe en 40 de ellos, es decir en más de la mitad de los casos.

El siguiente campo a valorar es la "presencia de agua en la zona". Los valores que puede adquirir la variable son: Inexistente, es decir, que no hay presencia de agua en la zona en el momento del derrumbe. Freático en cota de cimentación o escape de agua de red, que existe agua en cotas que puede afectar a la estática de edificios colindantes y en construcción.

- El valor de inexistente aparece en 99 casos de los 136 iniciales, el valor freático en cota cimentación es de 31 y escape de agua en red de 6. Se han dado 15 casos de derrumbe de los 37 que se ha detectado presencia de agua, sea cual fuere su origen.
- De 75 casos que se han ejecutado con una planta bajo rasante, en 39 ha existido derrumbe, es decir un 52 %.
- De 43 casos que se han ejecutado con dos plantas bajo rasante, en 10 ha existido derrumbe, 23,25 %.
- De 12 casos que se han ejecutado con tres plantas bajo rasante, en 5 ha existido derrumbe, 41,7 %.
- De 4 casos que se han ejecutado con cuatro plantas bajo rasante, en 1 ha existido derrumbe, 25 %.
- De 2 casos que se han ejecutado con cinco plantas bajo rasante, ninguno ha sufrido derrumbe, 0 %.

Sería razonable pensar que cuanto mayor sea el número de plantas bajo rasante, es decir, cuanto mayor es la profundidad de excavación, mayor es el riesgo de derrumbe y mayor debería ser el porcentaje de derrumbes. Esto no es así según las cifras anteriores y, por tanto, no se puede decir que los datos guarden correlación con lo que se podría pensar inicialmente.

El atributo "edad de la finca colindante" puede tomar 3 valores, 3 intervalos de tiempo: de 0 a 50 años, de 50 a 100 años y más de 100 años.

- En 27 de los 45 casos que tenían más de 100 años, es decir, en un 60% de estos edificios se produjo derrumbe.
- En 23 de los 51 edificios que tenían entre 50 y 100 años, un 45,10 % se derrumbaron.
- Sólo 5 de 40, 12,5 %, de menos de 50 años sufrieron derrumbe.

Esta variable sí que se ajusta a lo que se podría pensar que es un comportamiento probable de lo que debería suceder. Cuanto más viejo es el edificio colindante, más

casos de derrumbe aparecen por edificio construido y más probabilidades tiene de caer un edificio. Se puede entonces deducir que los datos resultantes guardan cierta correlación con la experiencia.

Los valores de la variable “estructura finca colindante”, se distribuye en: 111 casos de estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional, 14 de estructura de hormigón y forjado unidireccional y 11 de estructura de hormigón y forjado reticular. Cabe decir que la diferencia entre estos tres grupos es que en el primero, las estructuras sólo están armadas en uno de sus tres ejes, en el segundo en dos de sus tres ejes y el tercero en los 3 ejes. Además los grados de libertad de sus uniones también son diferentes (empotramientos, apoyos, etc.)

- Si se analizan estos datos se observa que de los 111 primeros casos, 50 se derrumbaron, un 45 %.
- En el segundo grupo, 3 se derrumbaron, 21,4 %.
- En el tercer grupo, tan solo 2 se derrumbaron, 18,2 %.

El análisis inicial de esta variable también parece arrojar datos coincidentes con la experiencia, ya que cuanto más armada es una estructura, y la reticular de hormigón lo está en sus tres ejes, mayor es su resistencia al derrumbe.

Respecto al campo “Tipología cimentación finca colindante”, originalmente se ha pensado que es de gran importancia, ya que la estabilidad de cualquier finca depende en gran medida del tipo de cimentación donde se asienta. Los valores que este atributo ha tomado representando a todos los casos detectados hasta el momento son 4: inexistente, base de ripios, zapatas y losa de cimentación. Existen, por supuesto, otros tipos de cimentación en edificios que no aparecen aquí, como son algunas de las cimentaciones profundas, pero a día de hoy todavía son muy pocos los edificios cimentados con pilotes entre medianeras.

- De los 49 casos en los que su cimentación era inexistente, 22 se derrumbaron, es decir, un 44,9%.
- De los 16 con cimentación a base de ripios más o menos compacta de 10 a 20 cm de espesor, 13 se derrumbaron, 81,3 %.
- De los 70 casos con cimentación a base de zapatas de hormigón, 20 se derrumbaron, 28,6 %.
- Finalmente sólo 1 caso con cimentación a base de losa de hormigón, con 0 derrumbes.

Como variables importantes también destacan las correspondientes a la definición del terreno donde se asienta la obra nueva y las fincas colindantes. Estos atributos y sus valores se introducen en la columna de **Estudio Geotécnico**. Esta columna está formada por otras subcolumnas que se describen a continuación.

Información IGC: estos valores se obtienen del “Catàleg de cartografia geològica i Geotemàtica” del IGC a través de la serie geológica a escala 1:50.000 y, que gracias a los visores proporcionados en la web y a la nomenclatura de los mapas de la serie, se localiza la zona en la que se encuentra la obra (Figura 5.1).

CARTOGRAFIA TEMÀTICA. SÈRIE GEOLOGIA				Mapa de progrés
Mapa geològic comarcal de Catalunya				Sèrie Finalitzada: 41 fulls
Escala	Títol	Edició	Any	Descarrega
1:50 000	(01) Alt Camp	1	2005	5,3 MB
1:50 000	(02) Alt Empordà	1	2006	13,1 MB
1:50 000	(03) Alt Penedès	1	2005	7,7 MB
1:50 000	(04) Alt Urgell	1	2007	15,5 MB
1:50 000	(05) Alta Ribagorça	1	2007	12 MB
1:50 000	(06) Anola	1	2005	11,4 MB
1:50 000	(07) Bages	1	2006	11,4 MB
1:50 000	(08) Baix Camp	1	2006	10,7 MB
1:50 000	(09) Baix Ebre	1	2006	10,4 MB
1:50 000	(10) Baix Empordà	1	2006	7,8 MB
1:50 000	(11) Baix Llobregat	1	2005	6,7 MB
1:50 000	(12) Baix Penedès	1	2005	6,5 MB
1:50 000	(13) Barcelonès	1	2005	12,4 MB
1:50 000	(14) Berguedà	1	2006	13,4 MB

Figura 5.1. Serie geológica escala 1:50.000 (IGC 2015)

El formato de los mapas que suministra el IGC es GeoPDF, un fichero que se puede abrir con el programa Adobe Reader. Para poder visualizar las coordenadas en ellos, el mismo IGC proporciona un enlace a un complemento llamado "TerraGo Toolbar" (figura 5.2).

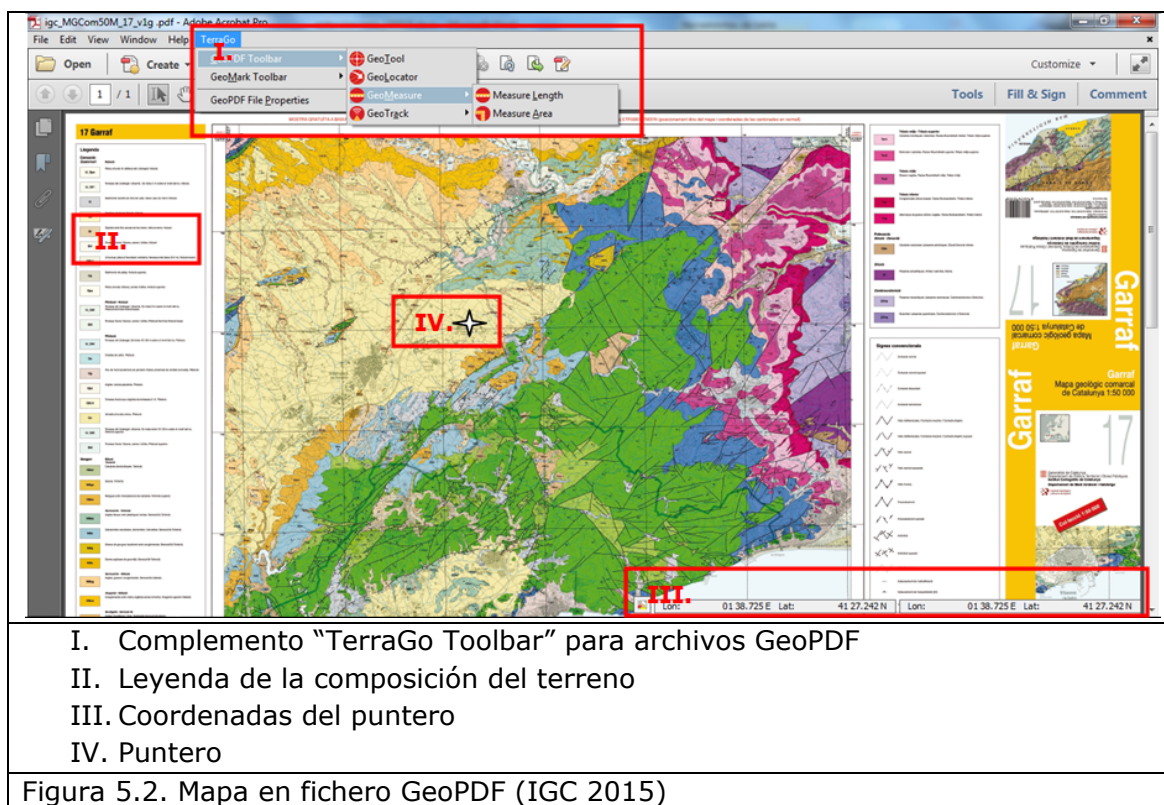


Figura 5.2. Mapa en fichero GeoPDF (IGC 2015)

Información IGME: estos valores se obtienen de la "Cartografía Geocientífica" del IGME a través de la serie "MAGNA 50" a escala 1:50.000 de la cartografía digital (Figura 5.3).

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

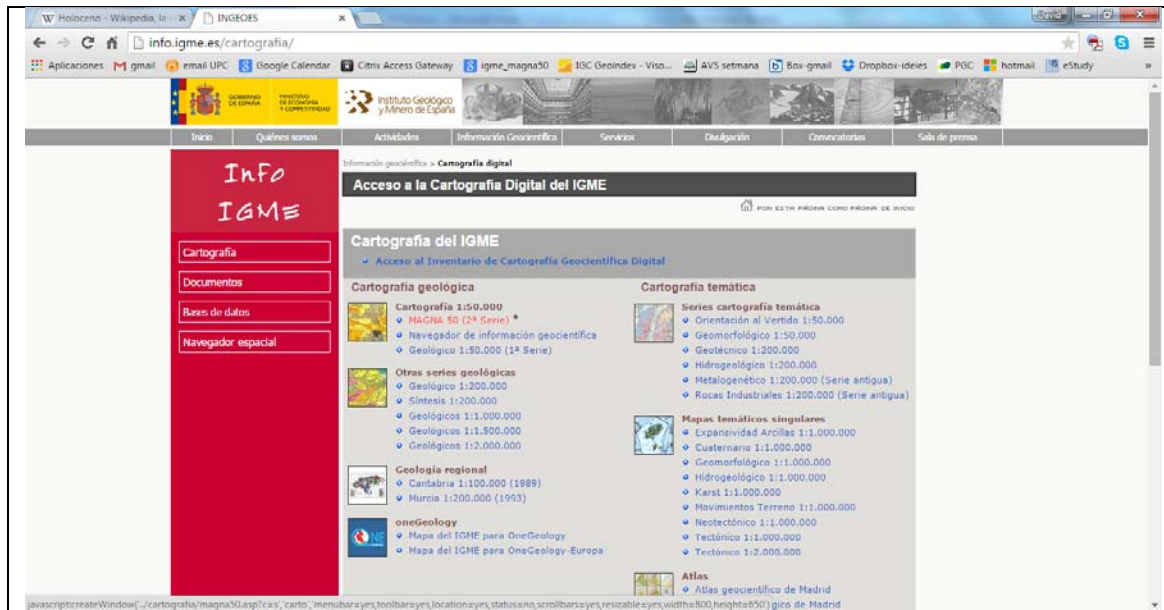


Figura 5.3. Cartografía del IGME (IGME 2015)

En este caso se accede a la información directamente desde el visor, que ejerce de pantalla de selección de los mapas en formato "jpg", "pdf" y mapa dinámico (figuras 5.4, 5.5 y 5.6 respectivamente).

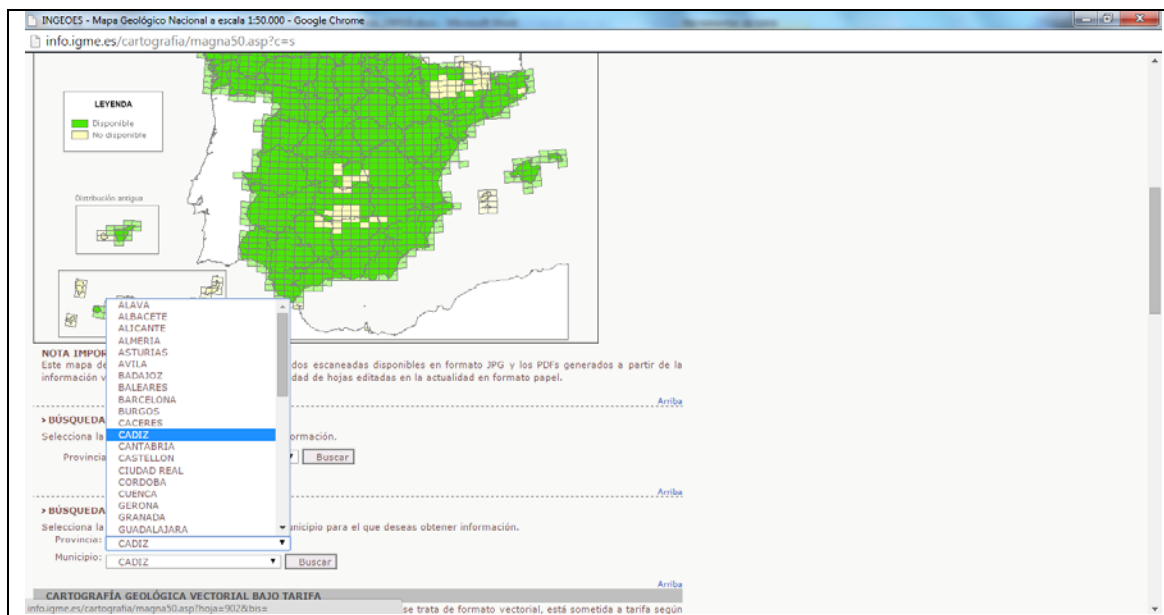
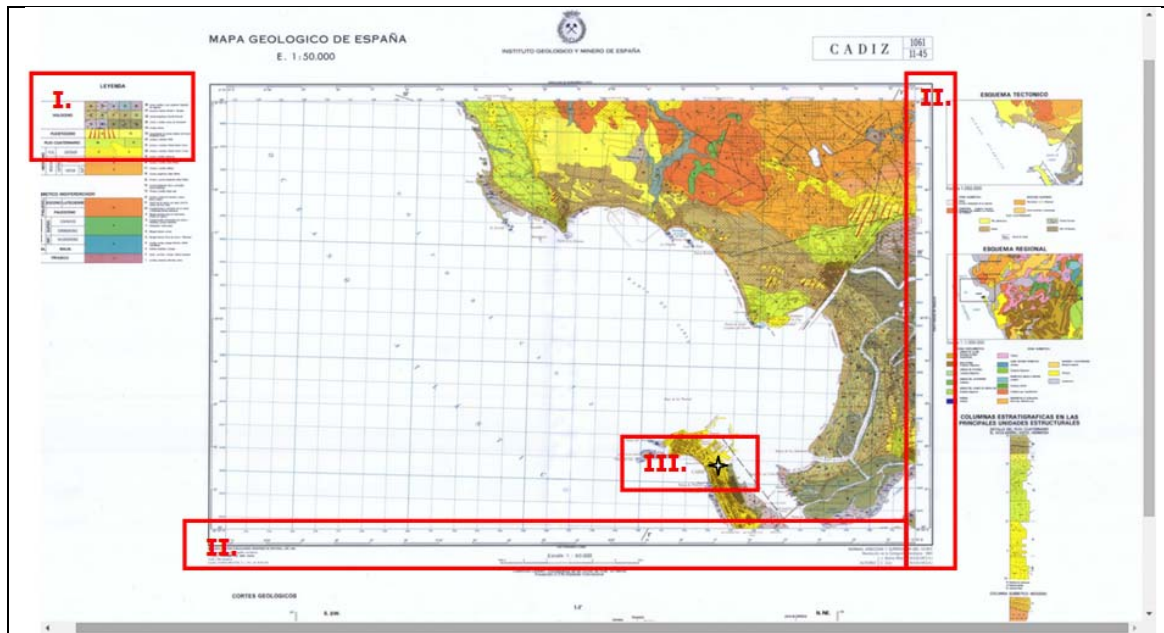
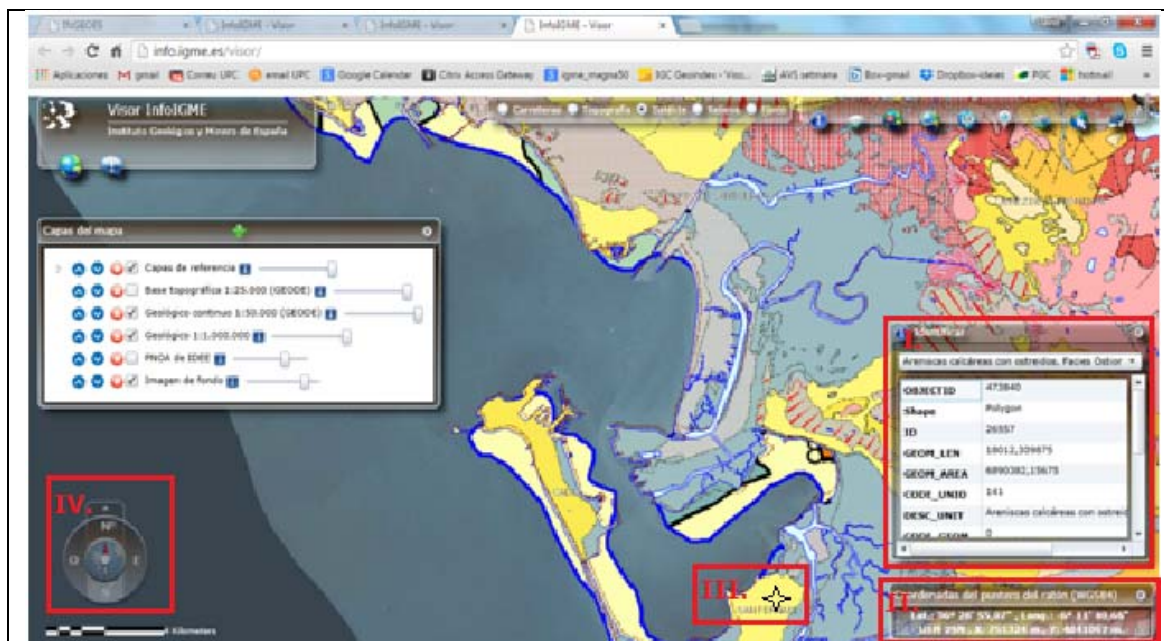


Figura 5.4. Serie geológica MAGNA escala 1:50.000 (IGME 2015)



- I. Leyenda de la composición del terreno
- II. Coordenadas
- III. Puntero

Figura 5.5. Mapa en formato JPG a escala 1:50.000 (IGME 2015)



- I. Leyenda de la composición del terreno
- II. Coordenadas
- III. Puntero
- IV. Zoom y orientación

Figura 5.6. Mapa dinámico a escala 1:50.000 (IGME 2015)

Para ambos casos, IGC e IGME, una vez obtenidas las coordenadas de edificio en obras desde Google Maps o Google Earth, se trasladan a estos mapas, con los que se determina la composición del suelo en esas coordenadas. Aunque la mayoría de los componentes que se describen en la leyenda son los clasificados por el tamaño

del grano del material (arcillas, limos, arenas, etc.), también se incluyen otras clasificaciones como las escalas temporales geológicas (cuaternario, pleistoceno, holoceno, etc.). En la presente tesis, tal como se cita en el alcance de la misma, sólo se tiene en cuenta la clasificación del suelo por el tamaño de grano del material, el ángulo de fricción, la cohesión, el empuje en muros y sistemas de contención y la afectación del agua a los mismos.

A la vez, estas subcolumnas (IGC, IGME) están formadas por varias columnas más que podemos llamar series. Estas columnas llamadas series recogen exactamente la composición descrita en cada una de las series de cartografía de ambos institutos, en las coordenadas correspondientes a cada uno de los casos. Estas series están ordenadas, de izquierda a derecha, de mayor a menor detalle, es decir, cuanto más a la izquierda se sitúa una serie, más pequeña es la escala y mayor es el detalle de representación de sus mapas.

También se incluye un grupo de columnas en **Estudio Geotécnico** llamado **Normalización del Terreno**, que está formado por 5 columnas denominadas: arcillas, limos, arenas, gravas y rocas (Tabla 3.1. BD_pas1a).

Esta distribución de columnas responde a la clasificación del tipo de suelo en función del tamaño de sus granos. Estas columnas contienen la información adaptada del terreno recogida en el grupo de columnas IGC-IGME de forma que sus datos puedan ser analizados por el sistema experto. Así que todos los datos correspondientes al tipo de terreno incorporados pasan por una reordenación y estandarización de forma que puedan ser comparados y analizados posteriormente.

Los casos de la base de datos están dispuestos en filas, mientras que los materiales que componen el terreno lo están en columnas. Cuando en la celda intersección se introduce un "1" significa que en el terreno donde está situado el caso incluido en esa fila, existe ese material. Mientras que si el valor introducido en la celda es "0" es que ese material introducido en la columna no está presente en el terreno.

El análisis no usa estas variables como diferenciación entre componentes del terreno por casualidad ya que los conceptos cohesión y ángulo de fricción del terreno van íntimamente ligados al tamaño del grano del terreno y a la presencia de agua y humedad en el mismo.

La cohesión del terreno se da sobre todo en arcillas, ya que tal como se ha definido anteriormente, la cohesión del terreno es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno. Por otro lado, un hecho importante es que a medida que aumenta la humedad del terreno, la cohesión entre sus partículas disminuye.

Como también se ha comentado anteriormente el ángulo de rozamiento interno aumenta con el tamaño de los granos del terreno, tal como se aprecia en la Tabla 2.7. Ángulos de fricción, expuesta en el capítulo de estado del arte y definido con detalle en la Tabla 4.1. Tabla explicativa de atributos.

Respecto a la afirmación de que la cohesión disminuye respecto al aumento de agua contenida en el suelo, el autor se basa en las consultas realizadas al profesor Dr. Eduardo Alonso, expuestas también en el capítulo de estado del arte de la presente tesis y en la información expuesta en Lambe (2002).

Por último, cabe citar la compacidad, que como ya se ha citado también en diversas ocasiones, supondremos que todos los tipos de terrenos se encuentran afectados por igual y que el ángulo de fricción no varía con ella ya que la compacidad es constante.

Las explicaciones anteriores referentes a la cohesión, ángulo de rozamiento interno y compacidad son la base para la correcta definición de la base de datos con columnas diferenciadas para los terrenos: arcillas, limos, arenas, gravas y rocas, ya que cada uno de estos cuenta con un ángulo de rozamiento interno diferente que además aumenta con la granulometría de las partículas de los terrenos.

Para la realización de pruebas con el sistema experto y pruebas estadísticas, se han confeccionado diferentes bases de casos que serán el punto de partida de cada una de las series de pruebas.

Para seguir desarrollando el estudio, recordemos que esta segunda fase de desarrollo se encarga de la definición de los atributos más adecuados para llevar a cabo el análisis de la base de datos y del dimensionado de cada una de ellas distribuidas en variantes, ciclos y series para que posteriormente se realicen las pruebas establecidas en el plan de pruebas de la tercera fase. Lógicamente ambas fases se han retroalimentado, ya que al comprobar que los resultados de la segunda serie no han sido todo lo satisfactorios que se creía inicialmente, se ha tenido que realizar una tercera serie de pruebas que ha estado basada en un tercer grupo de base de casos que inicialmente no estaba creado.

Tal y como se cita en el apartado de Metodología de gestión de datos, se crean 3 grupos de base de datos, cada uno de ellos destinado a suministrar de forma adecuada los casos para la realización de cada una de las pruebas.

Las bases de casos creadas para las 3 series de pruebas, están incluidas en el Anexo 1.

Las características de todas estas bases de casos se pueden apreciar de forma resumida en la Tabla 3.3 para la serie 2 y Tabla 3.11 para la serie 3 incluidas también en el Anexo 1.

5.3. Tercera fase del desarrollo del estudio. Introducción de la base de datos y análisis en el CBR.

En esta fase se desarrolla la introducción y el análisis de todos los casos recogidos en la BCC general. La introducción de estos casos se realiza de forma controlada y

planificada con el fin de poder establecer relaciones entre ellos, sus atributos y los resultados obtenidos.

Inicialmente deben existir y existen ciertos requerimientos que condicionan la forma en que se introducen y analizan estos casos. Como ya se ha citado anteriormente, se han creado distintas agrupaciones de casos que proporcionan resultados distintos a valorar.

Uno de los requerimientos más importantes es el hecho de que se debe poder contrastar los resultados obtenidos durante la realización de esta tesis. La BCC que nos ocupa, a priori, no permite que se realice en modo real, es decir, no es viable que en la fase inicial de aprendizaje del sistema experto se contraste el resultado que emite el sistema con el resultado real de ejecución de un nuevo caso, ya que se debería esperar aproximadamente 2 años para poder introducir cada nuevo caso en la BCC.

Lo adecuado en este tipo de casuística es reservar una parte de los casos que inicialmente ya forman parte de la BCC para la comparación de resultados real vs. sistema y comprobar cuán de iguales o parecidos son estos resultados.

Hasta que los resultados ofrecidos por el sistema experto no puedan ser considerados aceptables, mediante los métodos de comparación preestablecidos y para unas diferencias acotadas, puede ser que esta BCC esté incompleta y requiera de un mayor número de casos de aprendizaje para la realización ajustada de su función.

Por otro lado, queda claro que los resultados del sistema no van a depender sólo de la cantidad óptima de casos con los que cuenta la BCC, sino que van a depender de los diferentes métodos y algoritmos utilizados desde el sistema, como son el cálculo de pesos de cada atributo, el cálculo de la distancia entre el nuevo caso y los casos más cercanos pertenecientes a la BCC, los algoritmos para el cálculo de adaptación del caso nuevo a los casos de la BCC más parecidos, etc.

Observando el primer grupo de las BCC, BD_pas1, ambos documentos contienen los mismos casos, los 136. La única diferencia entre ellos son las filas de la cabecera. El archivo BD_pas1a está dotado de más filas de cabecera donde se ubican la denominación de los grupos y subgrupos a los que pertenecen los atributos dispuestos en columnas, es decir, es más útil ya que permite hacerse una idea más general del conjunto. El archivo BD_pas1b se utiliza más para filtrar directamente por atributos, lo cual facilita el trabajo de selección de casos para posterior introducción al sistema.

Una vez preparado este primer grupo de BCC, ya se está en disposición de introducir la BD_pas1b en el sistema. Esta introducción se realiza importando o abriendo el fichero desde el CBR. Se debe comprobar que el número de casos es de 136 y que el número de atributos es 14.

Esta serie 1 de pruebas, ha servido para descartar variantes de pruebas que no han funcionado, lo cual permite disminuir la complejidad y duración de las siguientes series.

El paso siguiente es calcular y asignar pesos a cada uno de los 14 atributos y el programa permite y da las herramientas para hacerlo. Para esta serie 1 no se ha escogido ningún método en particular, aunque se han usado todos para comprobar su funcionamiento.

Respecto a la determinación automática de pesos no han resultado especialmente útiles los algoritmos: GD (*Gradient*), UEB-2 (*Unsupervised Entropy Based 2*) y *Algorithm EBL* ya que todos ellos han ofrecido valores de pesos, a priori no útiles, con valores iguales para todos los atributos, todo 5s, todo 10s o todo 0s.

Contamos, por tanto, con los algoritmos: UEB-1 (*Unsupervised Entropy Based 1*) como algoritmo de tipo no supervisado e IG (ganancia de información) como algoritmo de tipo supervisado.

Respecto a la personalización de pesos, resulta realmente útil ya que permite al analista, si quiere, indicar el peso que a él le parece más adecuado para cada uno de los atributos. La ventaja de poder personalizarlos es que permite al analista con experiencia intervenir y hacer valer sus conocimientos en el cálculo que realiza el sistema.

Como el lector puede pensar, existen infinitas combinaciones con pesos diferentes que pueden hacer que el sistema arroje soluciones diferentes, así que para poner un límite razonable a la dimensión de la pruebas en las tres series, los pesos a los atributos serán asignados por tres vías diferentes, por el algoritmo UEB-1, por el algoritmo IG y por la personalización de pesos. Estos algoritmos se pueden conocer con más detalle en el Capítulo 2, en el apartado de CBR.

A continuación, una vez preparados los atributos con sus respectivos pesos se inicia la preparación del CBR.

El primer paso en el CBR es definir la estructura de casos (*Define Case Structure*), es decir cuál será la función de cada uno de los atributos dentro de la BCC. Un atributo puede actuar de tres formas:

- Como atributo descriptivo, caracterizando una cualidad de los casos representados. Son atributos descriptivos: Tipología de estructura de obra nueva, Tipología de estructura de finca colindante, Tipología de cimentación finca colindante, Edad finca colindante, Presencia de agua, N plantas subterráneas, Arcillas, Limos, Arenas, Gravas, Rocas, Derrumbe.
- Como atributo índice, indicando que los valores a introducir, uno por caso, es el encargado de identificar a ese caso en particular. Es atributo índice: Referencia.
- Como atributo solución. Ofreciendo las soluciones posibles al problema. Es atributo solución: Tipología contención obra nueva.

El segundo paso en el CBR es definir e introducir el caso a analizar (*CBR Cycle*). El primer atributo de este es la Referencia, este es un campo clave, ya que identifica inequívocamente ese caso y no otro. El resto de atributos a introducir son los descriptivos, ya que cada uno representa una cualidad distinta todos los casos de la BCC. Lógicamente, el atributo solución no se introduce ya que será el sistema el que lo mostrará al final de la ejecución del CBR.

El tercer paso en el CBR es recuperar los casos más cercanos al nuevo caso introducido y que forman parte de la BCC (*Retrieve*). En este paso se indican el número de casos más cercanos que debe recuperar y la distancia que debe utilizar para encontrarlos. Las distancias que ofrece el programa son: *Manhattan, Euclídea, Canberra, Clark, Cosinus, Minkowski, Eixample, ModSimTex, SOMMinkowski y Gower*.

Aunque para la serie 1 se han realizado pruebas con recuperación de 1 a 5 casos, las series 2 y 3 sólo se han ejecutado en la recuperación de 5 casos. De igual forma, las distancias escogidas para la recuperación de estos casos han sido *Euclídea y Minkowski*.

El cuarto paso en el CBR es la obtención del atributo solución a través de los casos más semejantes, recuperados en el paso anterior (*Adapt*). Para ello el sistema ofrece 4 métodos: *Null, Mean/Mode, Weighted Mean y Custom Formula*. Para las series 2 y 3 se ha determinado el uso de 2 de ellos, *Mean/Mode y Weighted Mean*.

A partir de este punto, el sistema ya ha propuesto una solución en función de los métodos y algoritmos que se le han indicado.

El quinto paso del CBR es la evaluación de la solución propuesta. ¿Es esta solución la que esperaba el analista? Cabe entonces distinguir entre las fases en las que se encuentra la implementación del sistema para su uso.

Si el sistema se encuentra en fase de implantación, los casos serán propios de la BCC y el aprendizaje se realizará de una forma directa. Pero si el sistema ya está implantado significa que los casos serán evaluados e introducidos a la BCC uno a uno. Como la evaluación se realizará por comparación entre la solución del sistema y la real, habrá que esperar a la ejecución del caso en real para poder ver si la solución que ha propuesto el sistema funciona. Si la solución propuesta por el sistema se lleva a cabo y funciona, se evalúa correctamente y así se lo indica al sistema el usuario o analista. Si, por el contrario, la solución propuesta por el sistema no ha funcionado, es decir, ha causado derrumbe, también se evalúa y se le indica al sistema que el atributo derrumbe debe tomar el valor de "SC" (sí caída), sustituyendo al valor "NC" (no caída) que es el valor que se le había indicado inicialmente al sistema para que propusiera un valor de contención obo nueva adecuado para esa situación.

El sexto paso y último del CBR es el aprendizaje (*Learn*). Una vez evaluado el nuevo caso, el analista indica al sistema que aprenda ese caso, es decir, que lo introduzca en la BCC de esta manera el sistema, caso a caso, aumenta la fiabilidad y mejora el ajuste en sus propuestas.

Para la serie 2 se han establecido 12 ciclos aleatorios por cada uno de los 14 casos de muestra. Cabe decir que estos 14 casos han sido representados por el mismo porcentaje de resultados que en la BCC inicial. El valor de una las variantes de cada ciclo es diferente al del ciclo anterior, así se ha podido comprobar el resultado de diferentes combinaciones. Para no tener que realizar 168 pruebas completas, se han realizado todos los ciclos de pruebas para un primer caso de muestra. A partir

de sus resultados, si eran correctos, se realizaba el mismo ciclo para el siguiente caso muestra, eliminando los caminos que ya habían sido erróneos.

Para la serie 3 se han vuelto a escoger 6 casos aleatorios pero de ciertas características en común, que el valor del atributo "Tipología contención obra nueva" no pertenece al grupo mayoritario de casos de la BCC, que es "muros_contencion_a_una_cara". Los casos escogidos tienen como valor de "Tipología contención obra nueva": "muros_pantalla", "pantalla_micropilotes" y "pantalla_pilotes". Esto, como ya se ha citado anteriormente, se debe a que los resultados obtenidos de la serie 2 no han sido todo lo satisfactorios que inicialmente se pensaba. En esta serie 3 se han realizado todas las pruebas posibles, es decir, 72 pruebas completas (12 ciclos x 6 casos de muestra). Se ha querido comprobar cuál era el ciclo o ciclos que acumulaban más casos de aciertos sin eliminar definitivamente aquellos que podían ofrecer resultados de éxito de forma intermitente.

6. INTRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN NUEVO CASO

Se propone una nueva metodología basada en sistemas expertos para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras.

El diagrama de flujo del proceso que sigue la metodología propuesta se muestra en la Figura 6.1. El diagrama original se encuentra en el Anexo 1.

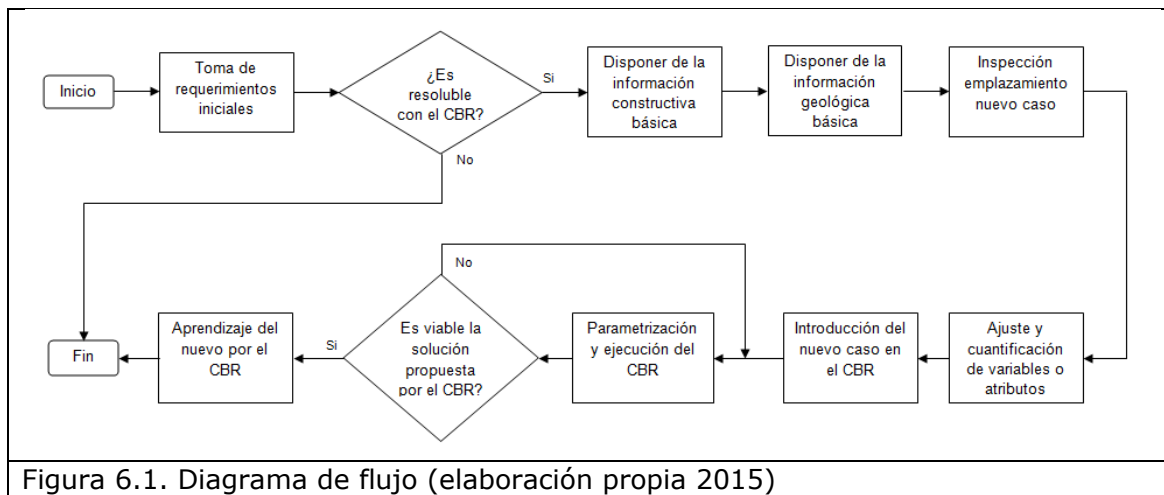


Figura 6.1. Diagrama de flujo (elaboración propia 2015)

A continuación, se describen los pasos a seguir:

Paso 1. Toma de requerimientos iniciales

- Emplazamiento y situación del terreno donde se ubicará el nuevo edificio.
- Número de plantas bajo rasante del nuevo edificio y de los edificios vecinos.
- Medianeras que va a compartir con los edificios colindantes.

Paso 2. Comprobar que el nuevo caso es resoluble con el método propuesto.

Se debe comprobar si el nuevo caso está dentro de los parámetros para los que se ha diseñado el nuevo método, es decir, si está incluido en el alcance de la tesis.

El nuevo caso deberá cumplir todas las condiciones siguientes:

- Construcción de un edificio entre medianeras o que comparte pared medianera con otro edificio más antiguo.
- El edificio en construcción contará con plantas bajo rasante y su cota de cimentación será inferior a alguno de los edificios colindantes.
- El caso está situado en España.

Paso 3. Disponer de la información constructiva básica

La información necesaria se puede encontrar en el documento de anteproyecto, no es necesario disponer de proyecto básico o ejecutivo. En cualquier caso, la información necesaria es la que se requiere en el paso 1, la cual está siempre incluida en los dos documentos citados anteriormente y además se requiere también la siguiente información:

- Tipología de estructura de la obra nueva
 - Estructura de hormigón y forjado reticular
 - Estructura de hormigón y forjado unidireccional
 - Estructura metálica y forjado unidireccional
 - Estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional

Paso 4. Disponer de la información geológica básica

Se puede disponer de las 2 fuentes de información siguientes o de solo una de ellas. El estudio geotécnico es más fiable ya que cuenta con información más específica y detallada del suelo que va a ocupar el nuevo edificio.

- IGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya), IGME (Instituto Geológico y Minero de España).
- Informe Geotécnico.

Los datos obtenidos de estas fuentes no pueden ser incluidos directamente en el sistema experto, ya que para poder hacerlo deberán ser ajustados a ciertos valores estándar que el CBR entiende.

Paso 5. Inspección emplazamiento del nuevo caso

Se realizará una visita al solar donde se va a ejecutar el edificio. Se registrarán los siguientes datos:

- Emplazamiento y situación del terreno donde se ubicará el nuevo edificio.
- Número de plantas bajo rasante del nuevo edificio y de los edificios vecinos.
- Medianeras que va a compartir con los edificios colindantes.
- Existencia actual o pasada de pozos de agua.
- Estado de conservación de las fincas vecinas.
- Tipología de estructura de la finca colindante
 - Estructura de hormigón y forjado reticular
 - Estructura de hormigón y forjado unidireccional
 - Estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional
- Tipología de cimentación de la finca colindante
 - Inexistente
 - Base de ripios
 - Zapatas
 - Losa de cimentación

- Antigüedad de la finca colindante
 - De 0 a 50 años
 - De 50 a 100 años
 - Más de 100 años
- Presencia de agua
 - Inexistente
 - Escape de agua en red
 - Freático en cota de cimentación

Paso 6. Ajuste y cuantificación de variables o atributos

Resulta necesario que los datos obtenidos desde IGC e IGME se ajusten a ciertos valores con el fin de acotar el número de atributos del terreno. Se establecen 5 tipos de terreno en el sistema: arcillas, limos, arenas, gravas y rocas. A modo de ejemplo, aunque se puede comprobar en las distintas tablas de la BBDD los ajustes realizados, se adjunta la Tabla 6.1 de ajuste de variables y valores. Se muestra en detalle en Anexo 1.

29	Muros pantalla de pilotes	pantalla_pilotes
30	Valores IGC e IGME (algunos ejemplos)	
31	Conglomerado cementado con conchas	Rocas
32	Aluvial-coluvial. Arcillas y cantos	Arcillas, gravas
33	Arcillas y coladas traquibasálticas	Arcillas, rocas
34	Gravas, limos y arcillas del curso de inundación	Gravas, limos, arcillas
35	Limos pardos	Limos
36		

Tabla 6.1. Ajuste de variables y valores (elaboración propia 2015)

Respecto a la cuantificación de las variables, se han creado tantas variables como tipos de terrenos ajustados definidos, tomando el valor 1 si existe este tipo de terreno y 0 si no existe para ese caso en concreto.

Paso 7. Introducción del nuevo caso en el sistema experto (CBR)

Para la BCC que nos ocupa, combinando los ciclos y variantes que mejores resultados han generado de las series 2 y 3, el CBR se ejecutará siguiendo el siguiente ciclo:

- VP1. Introducir casos desde "Import Data"
- VP4. Definir Atributo-Clase
- VP5. Asignar pesos desde "IG" ó VP6. Asignar pesos manualmente.
- VP7. Definir estructura CBR desde "Define case structure"
- VP8. Introducir valores a los atributos del nuevo caso "CBR Cycle"
- VP10. Recuperar casos similares de BCC desde "Minkowski"
- VP12. Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Weighted Mean"
- VP13. Evaluar el nuevo caso desde "Evaluate"
- VP14. Aprendizaje del nuevo caso por BCC desde "Learn"

Como VP5 y VP6 son métodos de asignación de pesos diferentes, se recomienda ejecutar 2 ciclos, uno por método.

Paso 8. Evaluación de la solución propuesta por el sistema experto (CBR)

En el paso anterior se habrán obtenido 2 resultados, ya que se ejecutan 2 ciclos. Si los resultados coinciden, el usuario puede considerar que esta es la solución más correcta. Si los resultados no coinciden, el usuario podrá escoger cual de las 2 soluciones le conviene más, ya que ambas pueden ser consideradas correctas.

El sistema ofrece al usuario la posibilidad de recalcular el resultado utilizando los diferentes métodos y algoritmos de cálculo de asignación de pesos, distancias y adaptación a los casos más parecidos de la BCC.

Paso 9. Aprendizaje del nuevo caso por el sistema experto (CBR)

Respecto al aprendizaje del sistema, si la solución que ofrece el sistema es única, el usuario le indicará que aprenda el nuevo caso con esa solución propuesta. Si el sistema ha propuesto 2 soluciones distintas, el usuario le indicará que aprenda la solución escogida de entre las 2. Finalmente la solución pasará a formar parte de la BCC y ayudará a proponer una solución para un siguiente nuevo caso, con una probabilidad de éxito mayor que la propuesta por la BCC anterior.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos, pruebas y resultados del análisis realizado por el CBR están detallados en el Anexo 3. Tal y como se ha hecho en los capítulos anteriores de la tesis, las tablas que por su tamaño sólo se han podido mostrar en parte en los capítulos precedentes se muestran de forma completa en el Anexo 1.

Este apartado incluye las Tablas 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 y 7.6.

7.1. Análisis de los resultados de la serie 2

Los resultados del análisis de la serie 2 se representan en la Tabla 7.5a.

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Ciclos																
		Variante de pruebas												11110RAF023		11
		Cargar BCC			Asignar pesos			Definir		Crear		Recuperar		Adaptar		Aprender
		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14	
* Ciclo de pruebas serie 2	CICLO1	x	x	x				x	x	x		x		x	x	muros contencion a una cara
	CICLO2	x	x	x				x	x	x			x	x	x	muros contencion a una cara
	CICLO3	x	x	x				x	x		x	x		x	x	muros contencion a una cara
	CICLO4	x	x	x				x	x		x		x	x	x	muros contencion a una cara
	CICLO5	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	muros contencion a una cara
	CICLO6	x	x		x	x		x	x	x			x	x	x	muros contencion a una cara
	CICLO7	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	muros contencion a una cara
	CICLO8	x	x		x	x		x	x		x		x	x	x	muros contencion a una cara
	CICLO9	x	x				x	x	x	x		x		x	x	muros pantalla
	CICLO10	x	x				x	x	x	x			x	x	x	muros contencion a una cara
	CICLO11	x	x				x	x	x		x	x		x	x	muros pantalla
	CICLO12	x	x				x	x	x		x		x	x	x	muros contencion a una cara
* Se han escogido el mismo porcentaje de cada tipo de caso que la BCC, es decir 7 "muros_contencion_a una cara", 4 "muros_pantalla", 2 pantalla																

Tabla 7.5a. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja ciclos (elaboración propia 2015)

Analizando el conjunto de resultados obtenidos por el CBR para los diferentes casos y ciclos se obtienen los porcentajes de la Tabla 7.5b.

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Porcentajes									
11110RAF023		11100REA011		08660ANG037		03012CRO010		Resultados de ejecución	
muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		08640PRO015	
muros contencion a una cara		muros pantalla						muros contencion a una cara	m
muros contencion a una cara		muros pantalla							
muros contencion a una cara		muros pantalla							
muros contencion a una cara		muros pantalla							
muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara	i
muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara	i
muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara	i
muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara		muros contencion a una cara	i
muros pantalla									
muros contencion a una cara		muros pantalla							
muros pantalla									
muros contencion a una cara		muros pantalla							
Porcentajes de coincidencia									
83%		40%		100%		100%		100%	

Tabla 7.5b. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja porcentajes (elaboración propia 2015)

- La ejecución del CBR ha ofrecido un 83 % de éxito en el primer caso estudiado, con referencia "11110RAF023".

- Siguiendo con el análisis del segundo caso de muestra "11100REA011" y teniendo en cuenta que solo se ha ejecutado para 10 ciclos de los 12 posibles (los que habían resultado correctos), ha ofrecido un 40 % de éxito.
- Para el caso siguiente "08660ANG037" el porcentaje de éxito ha sido del 100 %, al igual que el resto de los casos de la serie que tenían como resultado en obra "muros_contencion_a_una_cara": "03012CRO010", "08640PRO015", "08250COL069", "08500STP020".
- Respecto a los 4 siguientes casos que contaban con el resultado en obra "muros_pantalla", sólo el caso con referencia "08018ROC114" ha sido con el mismo resultado.
- En los 2 casos siguientes "38400BLA030" y "11002SAC026" con resultado en obra "pantalla_micropilotes" sólo ha resultado correcto uno de ellos, es decir, un 50 % de éxito, mientras que el único caso "08904COL095" con resultado en obra "pantalla_pilotes" ha sido diferente.

Estos resultados son los correspondientes a la ejecución del ciclo 8 que es el que mejores resultados ha ofrecido. Las variantes participantes son las siguientes:

- VP1. Introducir casos desde "Import Data"
- VP2. Introducir casos desde "Open Data"
- VP4. Definir Atributo-Clase
- VP5. Asignar pesos desde "IG"
- VP7. Definir estructura CBR desde "Define case structure"
- VP8. Introducir valores a los atributos del nuevo caso "CBR Cycle"
- VP10. Recuperar casos similares de BCC desde "Minkowski"
- VP12. Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Weighted Mean"
- VP13. Evaluar el nuevo caso desde "Evaluate"
- VP14. Aprendizaje del nuevo caso por BCC desde "Learn"

Para poder valorar los resultados de la serie 2 de pruebas que ha ofrecido el sistema CBR de una forma global, se ha realizado un análisis estadístico de comparación. Los datos a comparar son los resultados reales obtenidos en la fase de trabajo de campo, es decir de los 14 casos que se han escogido como muestra vs. los resultados calculados de estos desde el CBR.

El método estadístico elegido para este análisis ha sido la prueba t de Student. Como ya se ha comentado anteriormente en el capítulo 2 estado del arte, las pruebas t de muestras dependientes o apareadas, consisten en una muestra de pares de valores con similares unidades estadísticas, o un grupo de unidades que han sido evaluadas en dos ocasiones diferentes. Es decir, se pueden comparar 2 muestras de valores que se refieren a unas mismas variables o atributos en 2 situaciones diferentes y establecer su parecido.

Pero para poder realizarla la prueba t de Student con las variables de este sistema antes deben de ser tratadas, cabe recordar que la mayoría estas variables son cualitativas, ya que esta prueba requiere valores numéricos.

La equivalencia entre valores cualitativos y cuantitativos se muestra en la Tabla 7.5c.

Los valores están ordenados en función de la cantidad de casos introducidos en la BCC, mientras muros_a_una_cara es el tipo de contención más presente, la pantalla_pilotes es la que menos casos hay.

Los parámetros de la prueba estadística t de Student para esta serie 2 se muestran en la Tabla 7.5c.

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Comparacion casos muestra									
Prueba t de Student serie 2									
		Equivalencia valor Cualitativo - Cuantitativo							
		inexistente	0						
		muros contencion_a_una_cara	1						
		muros pantalla	2						
		pantalla micropilotes	3						
		pantalla pilotes	4						
CICLO 8		Resultados obra		Resultados CBR					
Caso muestra	Valor Cualitativo	Cuantitativo	Valor Cualitativo	Cuantitativo					
11110RAF023	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
11100REA011	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
08660ANG037	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
03012CRO010	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
08640PRO015	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
08250COL069	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
08500STP020	muros contencion_a una cara	1	muros contencion_a una cara	1					
14005ANT031	muros pantalla	2	muros contencion_a una cara	1					
07800JMC005	muros pantalla	2	pantalla micropilotes	3					
28039MAR006	muros pantalla	2	muros contencion_a una cara	1					
08018ROC114	muros pantalla	2	muros pantalla	2					
38400BLA030	pantalla micropilotes	3	pantalla micropilotes	3					
11002SAC026	pantalla micropilotes	3	muros pantalla	2					
08904COL095	pantalla pilotes	4	muros pantalla	2					
Valor critico de t > Estadistico t (valor absoluto de la prueba) -> No existe diferencia significativa entre ambas muestras									

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	R. Obra	R. CBR
Media	1,79	1,50
Varianza	0,95	0,58
Observaciones	14,00	14,00
Coeficiente de correlación de Pearson	0,68	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	13,00	
Estadístico t	1,47	
P(T<=t) una cola	0,08	
Valor critico de t (una cola)	1,77	
P(T<=t) dos colas	0,16	
Valor critico de t (dos colas)	2,16	

Tabla 7.5c. Parámetros de la prueba t de Student para la serie 2. Hoja comparación casos muestra (elaboración propia 2015)									
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 7.5c. Parámetros de la prueba t de Student para la serie 2. Hoja comparación casos muestra (elaboración propia 2015)

Para poder asegurar que existe una relación entre ambas muestras, es decir, que existe una valoración coincidente entre las 2 muestras, se deben comparar los valores del estadístico t en valor absoluto con el valor crítico de t.

En esta situación se comprueba que el Valor crítico de t > |Estadístico t|, en consecuencia se puede afirmar que no existe diferencia significativa entre ambas muestras.

Este resultado es importante porque indica que el CBR está funcionando correctamente ya que los valores calculados, en conjunto, se ajustan a los valores en obra.

Por otro lado, observando los resultados en obra vs calculados por el CBR se aprecian diferencias, sobre todo cuando se trata de los casos que sus resultados en obra son diferentes de "muros_contencion_a_una_cara".

A raíz de estos resultados ajustados pero mejorables, se planifica otra serie de pruebas que puede ofrecer más información a las series de pruebas ya realizadas, esto es, la serie 3.

7.2. Análisis de los resultados de la serie 3

Los resultados del análisis de la serie 3 se representan en la Tabla 7.6a.

Tabla 7.6. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Ciclos																	
		Variante de pruebas														Resultado	
		Cargar BCC		Asignar pesos				Definir	Crear	Recuperar	Adaptar		Evaluar	Aprender	04005ALT040	11	
		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13			VP14
**Ciclo de pruebas serie 3	CICLO1	x	x	x				x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	mu
	CICLO2	x	x	x				x	x	x			x	x	x	pantalla micropilotes	mu
	CICLO3	x	x	x				x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	mu
	CICLO4	x	x	x				x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	mu
	CICLO5	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO6	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO7	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO8	x	x		x	x		x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO9	x	x				x	x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO10	x	x				x	x	x	x			x	x	x	pantalla micropilotes	mu
	CICLO11	x	x				x	x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	muros cor
	CICLO12	x	x				x	x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	mu
**Se han escogido los casos con resultados minoritarios: muros_pantalla, pantalla_micropilotes, pantalla_pilotes																	

Tabla 7.6a. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 3. Hoja ciclos (elaboración propia 2015)

Analizando el conjunto de resultados obtenidos por el CBR para los diferentes casos y ciclos se obtiene la Tabla 7.6b.

Tabla 7.6. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Porcentajes				
Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR				
04005ALT040	11008GAR004	23007EST000	08014SAG001	03004VIN010
pantalla micropilotes	muros pantalla	pantalla pilotes	muros pantalla	pantalla micropilotes
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara
Porcentajes de coincidencia entre el resultado de ejecución a pie de obra y ejecución de ciclos CBR				
100%	50%	0,00%	16,17%	0%

Tabla 7.6b. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 3. Hoja porcentajes (elaboración propia 2015)

- El análisis del primer caso "04005ALT040" ha ofrecido un porcentaje de éxito del 100 %, los resultados de la ejecución de los 12 ciclos realizada desde el CBR han resultado del mismo valor que el resultado de obra.
- El segundo caso muestra "11008GAR004" ha dado 6 casos iguales y 6 diferentes de obra, así que cuenta con un 50 % de éxito.
- El tercer caso "23007EST000" no ha ofrecido ningún resultado igual al de obra.
- El cuarto caso "08014SAG001" ha ofrecido 3 casos correctos de 12 un 16,2 % de éxito.
- El quinto y sexto caso han resultado sin ningún resultado de exitoso.

Estos resultados son los correspondientes a la ejecución de los ciclos 10 y 12 que son los que mejores resultados han ofrecido. Las variantes participantes son las siguientes:

- VP1. Introducir casos desde "Import Data"
- VP2. Introducir casos desde "Open Data"
- VP6. Asignar pesos manualmente

- VP7. Definir estructura CBR desde "Define case structure"
- VP8. Introducir valores a los atributos del nuevo caso "CBR Cycle"
- VP9. Recuperar casos similares de BCC desde "Euclídea" (sólo para serie 10)
- VP10. Recuperar casos similares de BCC desde "Minkowski" (sólo para serie 12)
- VP12. Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Weighted Mean"
- VP13. Evaluar el nuevo caso desde "Evaluate"
- VP14. Aprendizaje del nuevo caso por BCC desde "Learn"

En esta serie 3, igual que para la serie 2, para poder valorar los resultados que ha ofrecido el sistema CBR en estos casos más particulares, se ha realizado un análisis estadístico de comparación. Los datos a comparar son los resultados obtenidos en la fase de trabajo de campo, es decir de los 6 casos que se han escogido como muestra vs los resultados calculados de estos desde el CBR.

El método estadístico elegido para este análisis ha vuelto a ser la prueba t de Student ya que es un método que asegura su efectividad para tamaños de muestra pequeños, tamaños de muestra < 30 casos.

Pero, como en la serie anterior, para poder realizarla la prueba t de Student con las variables de este sistema antes deben de ser tratadas. La equivalencia entre valores cualitativos y cuantitativos es la misma que en la serie anterior (Tabla 7.5c)

Los parámetros de la prueba estadística t de Student para esta serie 3 se muestran en la Tabla 7.6c.

Tabla 7.6. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Comparación casos muestra					
Prueba t de Student serie 3					
	Equivalencia valor Cualitativo - Cuantitativo				
	inexistente	0			
	muros_contencion_a una cara	1			
	muros_pantalla	2			
	pantalla_micropilotes	3			
	pantalla_pilotes	4			

Tabla 7.6c. Parámetros de la prueba t de Student para la serie 3. Hoja comparación casos muestra (elaboración propia 2015)

En esta situación se comprueba que el Valor crítico de t $> |$ Estadístico t $|$, en consecuencia se puede afirmar que no existe diferencia significativa entre ambas muestras.

Este resultado es importante porque indica que el CBR está funcionando correctamente ya que los valores calculados, en conjunto, se ajustan a los valores en obra.

Se adjunta detalle de los datos utilizados y resultados obtenidos en el Anexo 3.

8. CONCLUSIONES

8.1. Principales conclusiones

- Con este estudio se ha puesto de manifiesto que existe una inquietud generalizada por la afectación que produce la ejecución de las obras correspondientes a la construcción de un edificio entre sus vecinos. Y que además se ha detectado un número de casos suficientes como para ser considerado un problema.
- La evaluación de los resultados obtenidos permite afirmar que se ha desarrollado con éxito una nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras. Esta afirmación justifica la hipótesis I y II planteadas al principio de la tesis.
- El usuario podrá ejecutar el sistema experto siempre y cuando conozca el valor de las variables que le solicita el CBR para un nuevo caso. Una vez obtenida la respuesta del sistema y ejecutada la obra con el resultado propuesto, el caso podrá pasar a formar parte de la base de casos del sistema, aumentando así su conocimiento. Cabe aclarar que el caso siempre aportará conocimiento, ya que si el sistema acierta, el caso será introducido directamente, si no ocurre así su resultado será modificado e introducido posteriormente a la base. Esta conclusión verifica la hipótesis III indicada al inicio de la tesis.
- Se ha obtenido una base de casos lo suficientemente significativa como para poder obtener resultados razonablemente satisfactorios.
- Se ha realizado una evaluación extensa del método para detectar los algoritmos que permiten al CBR lograr el mayor número de casos de éxito tal y como se demuestra en el Anexo 3.
- Los resultados obtenidos en la serie 2 han sido más satisfactorios que en la serie 3 ya que el número de casos en los que han coincidido los resultados de obra vs. sistema experto ha sido mayor.
- Se ha realizado un análisis estadístico compuesto por dos pruebas t de Student, una para la serie de pruebas 2 y otra para la 3. Cada una de las pruebas se ha basado en la comparación de dos muestras distintas, una primera muestra de datos recogidos en la ejecución de obra de un grupo de casos y una segunda muestra de las soluciones ofrecidas por el CBR para esos mismos casos. La evaluación de los valores críticos de t, han permitido afirmar que no existe diferencia significativa entre ambas muestras de la misma serie. Esta afirmación justifica la hipótesis IV planteada al principio de la tesis.
- Esta nueva metodología tiene en cuenta factores que inciden en el derrumbe de un edificio colindante y que el método tradicional no tiene en cuenta. Esta conclusión se basa en el hecho que los factores que participan en el resultado (atributos y otros) no son sólo factores técnicos como en el método tradicional (tensión admisible del terreno, etc.). Se debe entender que el resultado final (que se derrumbe o no el edificio colindante) está participado por todos esos factores (errores humanos, condiciones

meteorológicas adversas anormales, estado de conservación de las fincas colindantes, etc.) que han afectado a aquel edificio colindante y no sólo por los atributos definidos en el desarrollo de este método. La clave está en que el CBR decide que opción es la más correcta en función de los casos pasados, es decir, que indirectamente está teniendo en cuenta todos los factores que han hecho que los casos pasados tengan su resultado y no otro.

8.2. Conclusiones secundarias

- Deben ganar peso los factores que habitualmente no cuentan con la suficiente atención de los responsables de la realización del proyecto (diseño y ejecución) como son: generación de movimientos, aparición de grietas en fincas colindantes, periodo estacional, régimen de lluvias, proximidad de acuíferos y ríos, estado de conservación y antigüedad de las fincas vecinas, características constructivas de los edificios colindantes.
- El IGC y el IGME son institutos que aportan conocimiento del suelo y subsuelo mediante la publicación de cartografía geocientífica. Esta información ha resultado de gran utilidad e interés para la determinación de los tipos de suelo existentes en todas las zonas consultadas.
- La utilización de internet y el buscador Google ha facilitado enormemente la búsqueda de noticias, que posteriormente han sido incorporadas a la BCC como conocimiento del sistema. A la vez, Google Earth ha servido como punto de partida para la posterior visita y comprobación de cada uno de ellos. Estas visitas también han aportado información adicional no adquirida desde internet.
- La clasificación de suelos según su granulometría mostrada en Lambe (2002), ha permitido que la introducción de casos al sistema experto se realice con mayor facilidad debido a su simplicidad. De no haber sido así el número de atributos a tener en cuenta en el CBR habría sido mucho mayor. Esta clasificación también ha permitido establecer un valor representativo de ángulo de fricción para cada tipo de suelo.
- La inclusión del atributo "presencia de agua" permite al sistema experto valorar el comportamiento especial del suelo en esa situación, teniendo en cuenta la disminución de cohesión en arcillas cuando este elemento está presente.
- La generación del campo "referencia" como campo clave permite identificar cada caso de manera unívoca entre todo el resto de la base de casos. Además ha sido definido usando el código postal, las tres primeras letras de la calle y el número donde se encuentra situado el edificio derrumbado.
- El seguimiento del método de introducción y evaluación de un nuevo caso descrito en el capítulo 6, facilita el trabajo al usuario o analista responsable de la ejecución del CBR para la selección del tipo/s de contención/es-cimentación/es del edificio a construir.
- La elaboración y el seguimiento del plan de pruebas ha sido muy útil. Ha sido estructurado y diseñado para que cada uno de los ciclos evalúe un

proceso diferente. Los ciclos han permitido agrupar y combinar las variantes de pruebas necesarias para la obtención de los diferentes resultados.

9. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación y el desarrollo de nuevos métodos para la definición y dimensionado de la cimentación-contención de edificios ha tenido momentos de gran importancia como con el anuncio de la Teoría de Coulomb en 1776 y la de Rankine en 1857 que son la base para el cálculo de sistemas de contención de tierras. Más tarde en 1925, Karl Von Terzagui con Erdbaumecanik, revolucionó los métodos de estudio y aplicación de la Mecánica de suelos. Con la propuesta de esta nueva metodología no se intenta apartar al método tradicional; de hecho, este nuevo método propuesto sirve para tomar la decisión de cuál debe ser el tipo de contención que se debe ejecutar para un edificio entre medianeras, pero a día de hoy no es capaz de dimensionar este tipo de contención propuesto, cosa que el método tradicional sí lo hace. Lo que también es cierto es que no siempre el calculista decide qué tipo de contención-cimentación se debe utilizar, sino que, a propuesta del geólogo y/o por imposición del promotor basándose en motivos económicos, algunas veces se le indica qué tipo de cimentación-contención debe calcular. A partir de aquí, el calculista utiliza el método tradicional para el cálculo.

A raíz del párrafo anterior pueden surgir varias líneas futuras de investigación.

Una podría ser la incorporación de variables cuantitativas relacionadas con el dimensionado de la contención de un edificio basándose en casos ya resueltos para la obtención del diseño y dimensionado del nuevo caso a ejecutar.

Otra línea a seguir sería el dotar al sistema experto de nuevos algoritmos y métodos, si cabe todavía más adecuados para el tratamiento de la base de casos actual. Una opción interesante sería la incorporación de regresiones logísticas en el sistema para la obtención de resultados.

La aplicación del método de validación cruzada en el conjunto de la BCC también supondría una mejora en la selección más óptima de los casos representativos.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía del documento principal

Aamodt A. & Plaza E. (1994). "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches". *Artificial Intelligence Communications*. IOS Press, Vol. 7: 1,pp,39-59.

Aamodt A. (2000). "Modeling the knowledge contents of CBR systems". Workshop on CBR Authoring Support Tools. Naval Research Lab Technical Note AIC-01-003

ABC (2005). Derrumbe edificio en Sant Fruitós del Bages.
http://www.abc.es/hemeroteca/historico-22-10-2005/abc/Catalunya/una-abuela-salva-a-su-familia-de-morir-en-un-derrumbe-en-sant-frutos-de-bages_611727401144.html [Consulta: 15/06/2008].

Aha D. (1997). "Interactive Case-Based Reasoning: Influences, Utility, and Outlook in an Applied World", Process of the International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems. New Orleans.

Alonso A.J. (2002). Guía de cimentaciones en obras de carretera. Dirección General de Carreteras. Editorial Ministerio de Fomento, Madrid.

Alonso, E. (Dr.Ing. Caminos, Canales y Puertos, experto en Ingeniería del terreno) (2013). [Comunicación personal: 14/11/2013].

Aparejatas Power (2015). Fotografía de Batache.
<https://aparejata.wordpress.com/2007/09/01/bataches/>. [Consulta: 11/02/2015].

Archiexpo (2015). Fotografía de pilotes contiguos formando muro de contención.
http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/pantalla-pilotes-61408-1684383.jpg [Consulta: 11/02/2015].

Bañares J.A. (2002). Ingeniería de los sistemas basados en el conocimiento. Editorial Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

Barr, A., Feigenbaum, E. A. (1981), The Handbook of Artificial Intelligence, Volume I. William Kaufman. Los Altos, California.

Bellmunt Ribas R., Gonzalez Moreno-Navarro J., Mañà Reixac F., Cervello Delgado S. & Llorens Duran J. (1998). Manual de geotecnia i patologia, diagnosi i intervenció en fonaments. Editorial Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, Barcelona.

Berasategui D., Espuga J. & Gibert V. (2000). Estudios previos de cimientos y muros. Edicions UPC, Barcelona.

Box G., Hunter S. & Hunter W. (2008). Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento. Editorial Reverté. Barcelona.

Caballer A. (2001). La actitud e intención de la donación de órganos en la población española: análisis mediante regresión logística multinivel. Tesis doctoral, Universitat Jaume I.

Calavera J. (1991). Cálculo de estructuras de cimentación. Intemac Ediciones, 3ª ed. Madrid.

Calavera J. (2000). Muros de Contención y Muros de Sótano. Intemac Ediciones, 3ª ed. Madrid.

Carbó J., Molina J.M. & Martínez R. (2005). Desarrollo de sistemas basados en el conocimiento. CLIPS y FuzzyCLIPS. Editorial Sanz y Torres, s.l.

Castillo E., Gutiérrez J.M. & Hadi A. (1998). Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. Ed. Academia española de Ingeniería.

Construmática (2008). Ejecución de pantallas.

http://www.construmatica.com/construpedia/Ejecuci%C3%B3n_de_Muros_Pantalla [Consulta 14/03/2015].

Daniyusti (2015). Muros de contención de sótano por bataches.

<https://daniyusty.wordpress.com/tag/bataches/> [Consulta 11/02/2015].

Díaz-Agudo B., Gervás, P. & González-Calero, P. (2002). "Poetry Generation in COLIBRI". Process 6th European Conference on Case Based Reasoning, Aberdeen, Scotland, 4-7 September 2002 (ECCBR'02). Springer. To appear.

Díaz-Agudo B. (2002). Una aproximación ontológica al desarrollo de sistemas de razonamiento basado en casos. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Durkin, J. (1994), Expert Systems: Design and Development. Maxwell Macmillan, New York.

El Mundo (2005). Derrumbe edificio en Sant Fruitós del Bages.

<http://www.elmundo.es/papel/2005/10/22/catalunya/1877722.html> [Consulta 15/06/2008]

Escola R. (1993). Construcciones con defectos, fallos o peligros. Editorial Bernardo Martín, Bilbao.

Escribano V. (1967). Arcillas en casi continuo movimiento o expansivas. Bujeo. Editorial Servicio de publicaciones y biblioteca. Ministerio de la Vivienda, Madrid.

Photobucket (2015). Fotografías ejecución pantallas. http://w4-web188.nordnet.fr/es/images/front/tech_s_pm/s_tech_s_pm.jpg [Consulta: 15/02/2015].

- Aparejata Bucket (2015). Fotografías ejecución paneles.
<http://i14.photobucket.com/albums/a306/aparejata/pantallas.jpg> [Consulta: 15/02/2015].
- Canal Sur (2012). Video encontrado en Google para primera fase.
http://www.canalsur.es/desalojados_46_vecinos_por_el_derrumbe_de_un_muro_de_un_edificio/216533.html [Consulta: 16/02/2015].
- Garcia P. (2014). PFC Arq. Técnica / Final B. Degree Project Building Eng.
<https://www.behance.net/gallery/20035713/PFC-ArqTcnica-Final-BDegree-Project-Building-Eng> [Consulta: 14/03/2015].
- Geotecnia-sor (2013). Asentamientos producidos en la ciudad de México.
<http://geotecnia-sor.blogspot.com.es/> [Consulta: 9/04/2015].
- García-Valcarce A., González P., Hernández J., Pascual R, Sánchez-Ostiz A. & Domingo Irigoyen (2003). Manual de edificación. Mecánica de los terrenos y cimientos. Editorial CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000.
- Gómez-Albarrán M. (2000). Aplicación de técnicas de representación de conocimiento a la reutilización de diseño en programación orientada a objetos. Tesis Doctoral, Dept. de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid.
- Gómez-Pérez A., Juristo N., Montes C. & Pazos J. (1997). Ingeniería del Conocimiento. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.
- Google Earth (2015) Localización obra-suceso Calle Fernández Shaw, 3, Cádiz. Relación entre dirección y coordenadas.
<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html> [Consulta: 15/02/2015].
- Ibertis (2010). Estudio de colapso en muro de contención de tierras.
<http://www.ibertis.es/wp-content/uploads/2013/05/estudio-de-colpaso-en-muro-de-contencion-por-gravedad1.jpg> [Consulta: 13/03/2015].
- Ibertis (2010). Recalce por asientos diferenciales en terrenos de relleno.
[http://www.ibertis.es/portfolio/proyecto-y-obra-de-recalce-en-cimentacion-son-micropilotes/#prettyPhoto\[gallery3150\]/4](http://www.ibertis.es/portfolio/proyecto-y-obra-de-recalce-en-cimentacion-son-micropilotes/#prettyPhoto[gallery3150]/4) [Consulta: 13/03/2015].
- IGC (2015). Página de inicio del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya,
<http://www.igc.cat/web/ca/index.php> [Consulta: 22/05/2015].
- IGME (2015). Página de inicio del Instituto Geológico y Minero de España,
<http://www.igme.es/> [Consulta: 22/05/2015].
- IGME (2015). Mapa península Ibérica escala 1.000.000,
[http://info.igme.es/cartografia/datos/Geologico_1000/Geologico1000_\(1994\)/Mapa_sG1000_\(1994\).jpgG1000_\(1994\)/EditadoG1000_\(1994\).jpg](http://info.igme.es/cartografia/datos/Geologico_1000/Geologico1000_(1994)/Mapa_sG1000_(1994).jpgG1000_(1994)/EditadoG1000_(1994).jpg) [Consulta: 15/01/2015].

IHCM Public Cmaps (2015). Muestra de terreno extraída mediante sondeo. <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5BWGRR-DGSQS8-1DTF/Im%C3%A1genes%20El%20estudio%20de%20nuestro%20planeta> [Consulta: 15/04/2015].

INGCIVIL (2015). Figura de muros de sótano, <http://notasingenierocivil.blogspot.com.es/2011/05/muros-de-sotano.html> [Consulta: 08/02/2015].

Jiménez J.A. & De Justo J.L. (1980). Geotecnia y cimientos I, Propiedades de los suelos y de las rocas. Editorial Rueda, Madrid.

Lambe W. & Whitman R. (2002). Mecánica de suelos. Instituto Tecnológico de Massachusetts. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores.

Launder V.C. (1975). Cimientos. Editorial Blume. Barcelona. Versión en castellano de Mañà F.

Licitacivil (2013). Metro de Granada. <http://www.licitacivil.com/noticias/metro-granada-tramo-4-mendez-nunez-rio-genil.htm/muros-pantalla-1> [Consulta: 04/02/14].

Logeais L. (1984). Patología de las cimentaciones. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.

López, B. & Plaza, E. (1993). "Case-Base Planning for medical diagnosis". *Methodologies for Intelligent Systems, 7th. International Symposium, ISMIS-93*. Springer Verlag, LNAI 689.

Lozano A.L. & Lozano G. (1998). Curso diseño, cálculo, construcción y patología de cimentaciones y recalces. Lozano y asociados. Consultores técnicos de construcción, s.l. 3ª ed. Gijón.

Mandow J.L. & Pérez J.L. (2003). Introducción a la programación basada en reglas. Universidad de Málaga.

Mañà F. & Presmanes J.A. (1995). Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la terapia de fonaments. Editorial Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

Micros (2002). Micropilotadora ejecutando micropilotes. <http://www.micros.es/> [Consulta: 12/03/2015].

Ministerio de Fomento (2005). Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/F504036E-F041-42A2-BFDB-376AC23C099B/55800/0710200.pdf> [Consulta: 23/03/2012].

Ministerio de Fomento (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE). [Consulta: 22/02/2015].

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1977). Norma Básica de la Edificación NBE-AE/88. [Consulta: 22/02/2015].

Mood A. & Graybill F (1978). Introducción a la Teoría de la Estadística. Editorial Aguilar S.A. de ediciones, 4ª ed. Madrid.

Naylor C. (1984). Construya su propio sistema experto. Editorial Diaz de Santos, Madrid-Barcelona.

Noticreto 111 (2012). Patologías comunes en muros de contención.
http://webidu.idu.gov.co:9090/pmb/tools/IDU_INFO/texto/Not/PA1-111-12.pdf
 [Consulta: 17/02/2015].

Núñez H. & Sànchez-Marrè M. (2006). Una metodología de recomendación de algoritmos de asignación de pesos basada en casos. Artículo. Knowledge Engineering & Machine Learning group, Universitat Politècnica de Catalunya.

Obras online (2009). Zanjas y vigas de enlace entre zapatas.
<http://www.obrasonline.com/> [Consulta 03//04/2015].

Obras Urbanas (2013). Pilotadora de rotación. <http://obrasurbanas.es/pilotadora-de-rotacion-lb-44-de-liebherr/> [Consulta 24/05/2015].

Olm E. (2007). Gesconda II: Integració de components, redisseny, reimplementació i ampliació de funcionalitat. Universitat Politècnica de Catalunya.

Olivella S., Josa A. & Valencia F.J. (2003). Geotecnia. Problemas resueltos. Mecánica de suelos. Edicions UPC S.L., Barcelona.

Oteo C. (1982). Cimentaciones profundas sometidas a esfuerzos dinámicos horizontales. Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona.

Pintado X. (2002). Caracterización del comportamiento Termo-Hidro-Mecánico de las arcillas expansivas. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica Catalunya. Barcelona.

Porticampoalegre (2007). Asentamiento diferencial edificio por arcillas expansivas.
<http://porticampoalegre.blogspot.com.es/> [Consulta 05/05/2015].

Proetisa (1985). Penetrómetro dinámico hidráulico. <http://proetisa.com/proetisa-producto.php?id=5&prod=1265> [Consulta: 04/05/2015].

Raul O. (2001). Sistemas de apoyo a la gestión integral de cuencas hidrográficas. Tesis doctoral, Universidad nacional de san Juan. Santiago de Chile.

Ribes M. (1996). Estudio de la compactación de suelos sometidos a un proceso de nivelación láser. Tesis doctoral, Servei de publicacions Universitat de Lleida, Lleida.

Rodriguez J.M., Serra J. & Oteo C. (1989). Curso aplicado de cimentaciones. Editorial Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 4ª ed. Madrid.

Romero R. (2004). La influencia de la forma en las zapatas de medianera y de esquina. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.

Ruiz-Muñoz D. (2015). Manual de estadística, <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/drm/drm-estad.pdf> [consulta: 03/02/2015].

Rusell S.J. & Norvig P. (2004). Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno. Editorial Pearson educación S.A., 2ª ed. Madrid.

Sánchez-Marré M., Gibert K. & Rodríguez-Roda, I. (2004). Gesconda: A tool for knowledge discovery and data mining in environmental databases. In *e-Environment: Progress and Challenge* (Eds. P. Prastacos, U. Cortés, J.L. Díaz de León y M. Murillo). In the series *Research on Computing Science*, Vol. 11, CIC, Mexico. (pp. 348_364). 2.2.

Sánchez-Marré M., Gibert K. & Flores X. (2005). Comparación de clasificaciones en bases de datos ambientales utilizando Gesconda. III Taller Nacional de Minería de Datos y aprendizaje, Tamida.

Sevilla B. (2009). Design and Development of a Cased-Based Reasoning Shell integrated in an Intelligent Data Analysis Tool. Proyecto de Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.

Silva L.C. & Barroso I.M. (2004). Regresión Logística. Cuadernos de estadística. Editorial La Muralla, S.A. Madrid.

Site (2009). Micropilotes contiguos formando muro de contención. <http://www.site.biz/obras/obras09.htm> [Consulta: 11/02/2015].

Suriol J., Lloret A. & Josa A. (2005). Geotecnia. Reconocimiento del terreno. Edicions UPC S.L., Barcelona.

Stevens L. (1984), Artificial Intelligence. The Search for the Perfect Machine. Hayden Book Company, Hasbrouck Heights, N.J.

Triola M. F. (2009). Estadística. Décima edición. Editorial Pearson Educación. México.

UPM (2015). Empujes de tierras sobre estructuras rígidas. Muros. http://delegacion.caminos.upm.es/apuntes/ICCP/4_cuarto/Geotecnia/Muros_2010_empujes.pdf [Consulta 20/04/2015].

Wikipedia (2015a). Definición de internet. <http://es.wikipedia.org/wiki/Internet> [Consulta: 19/05/2015].

Wikipedia (2015b). Gráfica de análisis de regresión. http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_lineal#/media/File:Linear_regression_n.svg [Consulta: 22/04/2015].

Wikipedia (2015c). Definición de t del método estadístico de t de Student https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_t_de_Student [Consulta: 29/07/2015].

Wikipedia (2015d). Definición de la prueba t de Student https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_t_de_Student [Consulta: 29/07/2015].

Wikipedia (2015e). Definición del método Cross validation (Validación cruzada). https://es.wikipedia.org/wiki/Validaci%C3%B3n_cruzada [Consulta: 08/08/2015].

Wikipedia (2015f). Muestra del hundimiento de la ciudad de México. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Muestra_del_hundimiento_de_la_Ciudad_de_M%C3%A9xico.jpeg [Consulta: 05/09/2015].

Bibliografía de los anexos

ABC (2003a). La aparición de grietas llevó a desalojar el edificio que luego se cayó en Alicante. http://www.abc.es/hemeroteca/historico-08-10-2003/abc/Valencia/la-aparicion-de-grietas-llevo-a-desalojar-el-edificio-que-luego-se-cayo-en-alicante_212479.html [Consulta: 02/04/2007].

ABC (2003b). La caída de un muro provoca el desalojo de los vecinos de una casa de Pedro Niño. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-26-06-2003/sevilla/Sevilla/la-caida-de-un-muro-provoca-el-desalojo-de-los-vecinos-de-una-casa-de-pedro-ni%C3%B1o_161466.html [Consulta: 12/07/2007].

ABC (2003c). Nuevo derrumbe de una vivienda al ser afectada por las obras del local contiguo. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-25-01-2003/sevilla/Sevilla/nuevo-derrumbe-de-una-vivienda-al-ser-afectada-por-las-obras-del-local-contiguo_144988.html [Consulta: 17/07/2007].

ABC (2003d). Segundo derrumbe en dos meses de una casa en el barrio de San Lázaro. http://www.abc.es/hemeroteca/historico-21-01-2003/abc/CastillaLeon/segundo-derrumbe-en-dos-meses-de-una-casa-en-el-barrio-de-san-lazaro_157260.html [Consulta: 05/07/2007].

ABC (2004). El derrumbe de un edificio en Chicarreros obliga a desalojar a trece familias. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-05-12-2004/sevilla/Home/el-derrumbe-de-un-edificio-en-chicarreros-obliga-a-desalojar-a-trece-familias_963816566976.html [Consulta: 17/07/2007].

ABC (2005). Entre el derrumbe y la reconstrucción. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-25-07-2005/sevilla/Home/inquietud-de-los-vecinos-afectados-por-el-derrumbe-de-la-calle-lumbreras_204042510822.html [Consulta: 15/06/2008].

ABC (2006). Regresan a sus viviendas los vecinos afectados por el derrumbe de la calle Calatrava. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-10-03-2006/sevilla/Home/regresan-a-sus-viviendas-los-vecinos-afectados-por-el-derrumbe-de-la-calle-calatrava_142685031505.html [Consulta: 09/08/2007].

ABC (2007a). Derrumbe en Castellón sin heridos.

http://www.abc.es/hemeroteca/historico-11-10-2007/abc/Valencia/derrumbe-en-castellon-sin-heridos_1641114041751.html [Consulta: 15/06/2010].

ABC (2007b). Desalojadas de sus viviendas 45 personas por el derrumbe de un muro en el centro de Cádiz. http://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-09-03-2007/sevilla/Andalucia/desalojadas-de-sus-viviendas-45-personas-por-el-derrumbe-de-un-muro-en-el-centro-de-cadiz_1631888548203.html [Consulta: 29/07/2007].

ABC (2007c). Estampida previa al derrumbe.

http://www.abc.es/hemeroteca/historico-01-09-2007/abc/Valencia/estampida-previa-al-derrumbe_164612354136.html [Consulta: 03/09/2007].

Diario Crítico (2003). Una víctima y una herida grave al derrumbarse un edificio en Alzira. <http://www.diariocritico.com/tag/comunidad-valenciana/noticias/una/victima/una/herida/grave/al/derrumbarse/un/edificio/en/alzira/not107666.html> [02/04/2007].

Diario de Córdoba (2005). Desalojado un inmueble de Antonio Maura al caer un muro. http://www.diariocordoba.com/noticias/cordobaandalucia/desalojado-inmueble-antonio-maura-caer-muro_166355.html [Consulta: 03/04/2007].

Diario Ideal (2006a). Los vecinos de La Magdalena temen que el derrumbe continúe. http://www.ideal.es/jaen/prensa/20060831/local_jaen/vecinos-magdalena-temen-derrumbe_20060831.html [Consulta: 14/06/2008].

Diario Ideal (2006b). Grietas en la cárcel por el parking Avenida. <http://www.ideal.es/jaen/jaen/201412/06/euros-vecino-para-arreglar-20141206011825-v.html> [Consulta: 13/06/2007].

Diario Sur (2006). Las obras de La Piñera se reanudan con el beneplácito de los vecinos. <http://www.diariosur.es/pg060518/prensa/noticias/Gibraltar/200605/18/SUR-GIB-100.html> [Consulta: 20/01/2007].

El Comercio (2006). El derrumbe de parte de una pared obliga a evacuar a una familia en Pumarín. http://www.elcomercio.es/prensa/20061217/gijon/derrumbe-parte-pared-obliga_20061217.html [consulta: 05/07/2007].

El Mundo (2002). Un muerto y seis heridos en el derrumbe de un edificio en l'Hospitalet. <http://www.elmundo.es/2002/06/04/catalunya/1152528.html> [Consulta: 11/07/2007].

El Mundo (2005). Una casa se derrumba en Sant Fruitós sin causar víctimas <http://www.elmundo.es/papel/2005/10/22/catalunya/1877722.html> [Consulta: 15/06/2008].

El Mundo (2010). El inmueble derrumbado tenía pasada la Inspección Técnica de Edificios. <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/01/22/madrid/1264160348.html> [Consulta: 15/06/2010].

El Norte de Castilla (2006). Desalojan un edificio junto al Calderón ante el riesgo de derrumbe del contiguo. http://www.elnortedecastilla.es/prensa/20061005/valladolid/desalojan-edificio-junto-calderon_20061005.html [Consulta: 28/12/2006].

El País (1999). Desalojadas 56 familias por el derrumbe de los muros de dos edificios en Cádiz. http://elpais.com/diario/1999/10/01/andalucia/938730155_850215.html [Consulta: 28/07/2007].

El País (2002a). Otro edificio se derrumba en Alicante sin causar heridos. http://elpais.com/diario/2002/02/09/cvalenciana/1013285894_850215.html [Consulta: 12/07/2007].

El País (2002b). Un matrimonio logra salir ileso del derrumbe de un edificio en Alicante. http://elpais.com/diario/2002/05/01/cvalenciana/1020280678_850215.html [Consulta: 02/04/2007].

El País (2002c). Una familia, desalojada de su casa al desplomarse un muro por unas obras. http://elpais.com/diario/2002/11/16/madrid/1037449455_850215.html [Consulta: 12/07/2007].

El País (2003). Rescatados dos obreros en un derrumbe en Sants. http://elpais.com/diario/2003/08/12/catalunya/1060650438_850215.html [Consulta: 02/04/2007].

El País (2004). Dos heridos leves al hundirse un edificio en El Grau de Gandía. http://elpais.com/diario/2004/05/05/cvalenciana/1083784693_850215.html [Consulta: 12/07/2007].

El País (2006a). Desalojadas tres familias en Olesa tras aparecer un agujero en una pared medianera. http://elpais.com/diario/2006/11/29/catalunya/1164766064_850215.html [Consulta: 12/07/2007].

El País (2006b). El peligro de derrumbe de un edificio obliga a desalojar a 14 personas en Vic. http://elpais.com/diario/2006/02/10/catalunya/1139537247_850215.html [Consulta: 02/04/2007].

El País (2006c). La mala cimentación de unas obras abre un socavón de 40 m en una calle de Alzira. http://elpais.com/diario/2006/06/01/cvalenciana/1149189479_850215.html [Consulta: 28/12/2006].

El País (2006d). Un derrumbe obliga a evacuar 12 viviendas en Alicante.
http://elpais.com/diario/2006/09/20/cvalenciana/1158779890_850215.html
[Consulta: 29/12/2006].

El País (2007). Los vecinos afectados por un derrumbe de Cádiz se manifiestan ante el Ayuntamiento.
http://elpais.com/diario/2004/06/01/andalucia/1086042136_850215.html
[Consulta: 29/07/2007].

Europa Press (2002). Andalucía-Cádiz-CC.OO dice que el derrumbe de San Fernando se debió a una negligencia técnica, ya que el muro no estaba apuntalado.
<http://finanzas.com/id.4134564/noticias/noticia.htm> [Consulta 27/07/2007].

Europa Press (2007a). CC.OO critica la falta de medidas de seguridad en la obra relacionada con el derrumbe de una casa en Córdoba.
<http://www.europapress.es/noticia.aspx?cod=20070221141345&ch=73> [Consulta: 28/07/2007].

Europa Press (2007b). Jaén.-El Ayuntamiento encarga un informe técnico tras el derrumbe de una casa del casco antiguo que provocó 14 desalojos.
<http://www.europapress.es/noticia.aspx?cod=20070723143255&ch=355>.
[Consulta: 11/08/2007].

La Vanguardia (2006a). El derrumbe de un edificio en Olesa de Montserrat obliga al desalojo de 4 viviendas.
<http://www.lavanguardia.es/lv24h/20060930/51285347062.html> [Consulta: 05/07/2007].

La Vanguardia (2006b). Una madre y su hija resultan heridas al hundirse su casa en La Canonja.
<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20061003/51285835403/una-madre-y-su-hija-resultan-heridas-al-hundirse-su-casa-en-la-canonja.html> [Consulta: 08/01/2007].

La Vanguardia (2006c). Desalojan a ocho vecinos de Reus al derrumbarse la pared de una vivienda.
<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20060829/51281252383/desalojan-a-ocho-vecinos-de-reus-al-derrumbarse-la-pared-de-una-vivienda.html> [Consulta: 11/07/2007].

La Verdad (2006). La Policía Local desaloja un edificio de cuatro plantas al moverse la estructura.
<http://www.laverdad.es/alicante/pg060116/prensa/noticias/Elche/200601/16/ALI-ELC-165.html> [Consulta: 02/04/2007].

La Voz de Asturias (2003). Morales niega tener quejas por miedo a derrumbes.
<http://www.elperiodicodegijon.es/noticias/noticia.asp?pkid=59863> [Consulta: 03/04/2007].

La voz de Galicia (2005). Condenados a pagar 322.000 euros por la caída de una casa en la Ciudad Vieja.

<http://www.lavozdeg Galicia.es/hemeroteca/2005/07/12/3894064.shtml> [Consulta: 11/03/2007].

La voz digital (2006). Segundo edificio desalojado por las obras de un solar en el barrio de La Viña.

<http://www.lavozdigital.es/cadiz/pg060615/prensa/noticias/Cadiz/200606/15/CAD-CAD-018.html> [Consulta: 18/04/2007].

Las Provincias (2006a). El derrumbe en un edificio obliga al desalojo de diez vecinos en San Vicente.

http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061202/sucesos/derrumbe-edificio-obliga-desalojo_20061202.html [Consulta: 28/12/2006].

Las Provincias (2006b). Un movimiento de tierras en una obra obliga a desalojar cinco pisos en el centro de Alicante.

http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061123/sucesos/movimiento-tierras-obra-obliga_20061123.html [Consulta: 05/07/2007].

La Provincias (2007a). Cuatro vecinos salvan la vida tras desplomarse su finca en El Carmen. http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20070223/sucesos/cuatro-vecinos-salvan-vida_20070223.html [Consulta: 02/08/2007].

Las Provincias (2007b). Dos derrumbes controlados en Alicante causan grietas en edificios próximos y cortan una calle.

http://www.lasprovincias.es/alicante/prensa/20070316/sucesos/derrumbes-controlados-alicante-causan_20070316.html [Consulta: 15/06/2010].

Las Provincias (2007c). Dos obreros heridos muy graves en el derrumbe de un edificio en construcción en Guardamar.

http://www.lasprovincias.es/alicante/prensa/20070516/comarcas/obrero-heridos-graves-derrumbe_20070516.html [Consulta: 12/07/2007].

Las Provincias (2007d). Una filtración de agua obliga a desalojar a 15 familias de dos inmuebles de Carolinas.

http://www.lasprovincias.es/alicante/prensa/20070327/alicante/filtracion-agua-obliga-desalojar_20070327.html [02/04/2007].

Las provincias (2007e). "Oí crujidos y me hundí con el suelo".

http://www.lasprovincias.es/alicante/prensa/20070420/sucesos/crujidos-hundi-suelo_20070420.html [Consulta: 21/06/2010].

Levante, El mercantil valenciano (2007). Caen dos plantas de un edificio desalojado por grietas en La Vila Joiosa. <http://www.levante-emv.com/alacant/3451/caen-plantas-edificio-desalojado-grietas-vila-joiosabrbr/276390.html> [Consulta: 11/03/2007].

Nació Digital (2008). Desallotgen una casa de Vic per l'aparició d'esquerdes.
<http://www.naciodigital.cat/osona/noticia/7216/desallotgen/casa/vic/aparicio/esquerdes> [Consulta: 14/06/2010].

Notas de prensa Comunidad Valenciana (2010). Un derrumbe provoca daños materiales en la Ronda Pedro IV de Burriana. <http://www.notasdeprensacv.es/un-derrumbe-provoca-danos-materiales-en-la-ronda-pedro-iv-de-burriana-12255>

Página oficial de Altea (2006). Ordenación de Territorio y Medio Ambiente abre un punto de información para posibles afectados por el desplome de una vivienda.
<http://www.altea.es/es/noticias/altea-digital-602-ordenacion-de-territorio-y-medio-ambiente-abre-un-punto-de-informacion-para-posibles-afectados-por-el-desplome-de-una-vivienda>
[Consulta: 03/04/2007].

20 minutos (2006). Once familias desalojadas por el hundimiento parcial de un edificio en Manresa.
<http://www.20minutos.es/noticia/144077/0/hundimiento/edificio/manresa/>
[Consulta: 02/04/2007].

20 minutos (2010). Descartan que haya posibles víctimas en el derrumbe de dos edificios en Mataró.
<http://www.20minutos.es/noticia/709226/0/mataro/derrumbe/edificios/> [Consulta: 15/06/2010].



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de
cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras**

ANEXO 1. Tablas y figuras

Tesis Doctoral

Autor:

David Huidobro Alberich

Director:

Dr. Lázaro Vicente Cremades Oliver

Departamento:

Proyectos de Ingeniería

Barcelona, noviembre 2015

Tabla 2.3. Sistema unificado de clases de suelos

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm (3”) y basando las fracciones en pesos estimados)					Símbolo del grupo	Nombres típicos
Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es retenido por el tamiz nº 200. (La abertura del tamiz nº 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Gravas. Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz nº 4. (Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz nº 4 equivale a medio centímetro)	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)		GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo
			Finos plasticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)		GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla
	Arenas. Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz nº 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para la identificación ver el grupo ML más abajo)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas
			Finos plasticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)		SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcillas
Suelos de grano fino. Más de la mitad del material pasa por el tamiz nº 200	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz nº 40.					
	Limos y arcillas con límite liquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Dilatancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico)		
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
		Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
		Ligera a media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas con límite liquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomea, linos elásticos
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta
	Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Tabla 2.4. Componentes y fracciones del suelo

Suelo	Fraccion del suelo	Símbolo	Granulometría y descripción	Definición de las propiedades
Fracciones gruesas	Bloques	No hay	Redondeados a angulosos, formados por rocas duras; diametro medio > 30 cm	Los bloques y boleos son eletaludesmentos muy estables utilizados para terraplenes, balastos y para estabilizar taludes (Enrocamientos). Debido a su tamaño y peso su presencia en los depósitos naturales de suelo tiende a mejorar la estabilidad de las cimentaciones. La angularidad de las partículas aumenta la estabilidad.
	Boleos, bolos	No hay	Redondeados a angulosos, procedentes de rocas duras; 15 cm < diametro medio > 30 cm	
	Grava	G	Redondeados a angulosos, procedentes de rocas duras; pasa por el tamiz de 3" (76,2 mm) y es retenida por el tamiz nº4 (4,76 mm)	La grava y la arena tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles aunque en grados diferentes. El tamiz nº 4 es una división arbitraria y no corresponde a un cambio apreciable de propiedades. Son fáciles de compactar, resultan poco afectadas por la humedad y no están sujetas a la acción de la helada. Las gravas suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a la erosión y a la tubificación que las arenas. Las arenas y gravas bien graduadas son generalmente menos permeables y más estables que aquellas deficientemente graduadas (granulometría uniforme). La irregularidad de las partículas hace aumentar ligeramente la estabilidad. La arena fina uniforme tiene características próximas a un limo: es decir, disminuye su permeabilidad y reduce su estabilidad al aumentar la humedad.
		Gruesa	Entre los tamices 3" a 3/4" (76,2 a 19 mm)	
		Fina	Entre los tamices 3/4" y nº 4 (19 mm a 4,76 mm)	
	Arena	S	Redondeada a angulosa, procedentes de rocas duras; pasa por el tamiz nº 4 (4,76 mm) y es retenida por el tamiz nº 200 (0,074 mm)	
		Gruesa	Tamices nº 4 a 10	
		Media	Tamices nº 10 a 40	
		Fina	Tamices nº 40 a 200	
Fracciones finas	Limo	M	Partículas que pasan por el tamiz nº 200 (0,074 mm). Identificables por su comportamiento: ligeramente plásticas o sin plasticidad cualquiera que sea la humedad y con escasa o nula resistencia al secarse al aire	El limo es inestable por su propia naturaleza, particularmente cuando aumenta la humedad, con tendencia a fluir cuando está saturado. Es relativamente impermeable, difícil de compactar, muy susceptible a la acción de la helada, fácilmente erosionable y sujeto a la tubificación y ebullición. Los granos de forma cúbica reducen la compresibilidad; los granos lajosos, como la mica, diatomeas, etc, aumentan la compresibilidad y dan lugar a un limo "elástico".
	Arcilla	C	Partículas que pasan por el tamiz nº 200 (0,074 mm). Identificables por su comportamiento: puede conseguirse que presenten propiedades de plasticidad dentro de una amplia gama de humedades y posean considerable resistencia al secarse al aire	La característica diferenciante de la arcilla es la cohesión o resistencia cohesiva, que aumenta al disminuir la humedad. La permeabilidad de la arcilla es muy baja, es difícil de compactar en estado húmedo e imposible de drenar por métodos ordinarios: compactada es resistente a la erosión y a la tubificación, no es susceptible a hinchamientos por efecto de la helada. está sometida a expansión y retracción con las variaciones de humedad. Las propiedades dependen no solo del tamaño y forma (partículas laminadas lajosas), sino también por su composición mineral, es decir, el tipo de mineral arcilloso y el medio químico o la capacidad de intercambio iónico. En general el mineral arcilloso montmorilinita tiene el mayor efecto sobre las propiedades, siendo este efecto mínimo en el caso de la illita y la caolita.
	Materia orgánica	O	materia orgánica de diversos tamaños y en diversas fases de descomposición	La presencia de materia orgánica incluso en cantidades moderadas hace aumentar la compresibilidad y reduce la estabilidad de las fracciones finas del suelo. Puede descomponerse creando vacíos y haciendo variar las propiedades de un suelo por alteración química por lo cual los suelos orgánicos no son adecuados para usos ingenieriles.

2.7. Tabla Angulos de friccion								
Clasificacion	Angulo de talud natural		Para la resistencia residual		Para la resistencia maxima			
	i(°)	Talud	ϕ_{cv} (°)	tg ϕ_{cv} (°)	compacidad media		compacta	
					ϕ (°)	tg ϕ	ϕ (°)	tg ϕ
Limo (no plastico)	26 a 30	1:2 a * 1:1,75	26 a 30	0,488 a 0,577	28 a 32	0,532 a 0,625	30 a 34	0,577 a 0,675
Arena uniforme fina a media	26 a 30	1:2 a * 1:1,75	26 a 30	0,488 a 0,577	30 a 34	0,577 a 0,675	32 a 36	0,675 a 0,726
Arena bien graduada	30 a 34	1:1,75 a * 1:50	30 a 34	0,577 a 0,675	34 a 40	0,675 a 0,839	38 a 46	0,839 a 1,030
Arena y grava	32 a 36	1:1,60 a * 1:1,40	32 a 36	0,625 a 0,726	36 a 42	0,726 a 0,900	40 a 48	0,900 a 1,110

*Talud vertical : horizontal

Tabla 1.1. BD_esp_ata										Estado gestionario										Información OGC										Empaquetado OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC										Información OGC									
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Referencia	Caldas
040025A(NC08)	NC

9

Tabla 3.3. Descripción BD_pas2

Denominación	Hojas contenidas	Contenido y descripción
BD_pas2.xlsx. (Documento general base)	BCC	136 casos. Los Casos Muestra están marcados en azul
	Casos BCC	122 casos que van a formar parte de la BCC de la serie 2
	Casos Muestra	14 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 2
BD_pas2a.xlsx	BCC	136 casos. Es copia individual de la hoja BCC de BD_pas2.xlsx
BD_pas2a.csv	BCC	136 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas2b.xlsx	Casos BCC	122 casos. Es copia individual de la hoja Casos BCC de BD_pas2.xlsx
BD_pas2b.csv	Casos BCC	122 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas2c.xlsx	Casos Muestra	14 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 2
BD_pas2c.csv	Casos Muestra	14 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR

Tabla 3.4. BD_pas2. Hoja BCC

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterráneas	Arillaz	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva	
040025SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	NC	panallla micropilotes	
04005ALTO40	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		3	1	1	1	1	0	NC	panallla micropilotes
04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		4	1	1	1	1	0	NC	panallla micropilotes
11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara
11002PER019	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		3	0	1	1	0	1	SC	muros pantalla
11005SAN011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		4	0	1	1	0	1	SC	muros pantalla
11008GAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	1	1	0	1	SC	muros pantalla
14920COS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		5	0	1	1	0	1	NC	muros pantalla
14920MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	1	1	0	1	NC	muros pantalla
14650MON001	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
14001LLA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente		5	1	0	1	0	1	NC	muros pantalla
14001RDT009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cimentacion	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC	panallla pilotes
14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC	muros pantalla
14005ANT010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	1	0	1	NC	muros contencion a una cara
14014VDF056	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC	muros pantalla
14620COL019	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	0	1	1	0	1	NC	muros pantalla
14600BLA000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	1	0	1	NC	muros pantalla
14001PAL006	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	SC	muros contencion a una cara
18007SOL003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	1	0	1	NC	panallla micropilotes
23004DOM001	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
23004HIST000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	escape de agua de red		3	1	0	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
23007EST000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		3	1	0	1	0	0	SC	panallla pilotes
29640RFO0118	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	NC	muros pantalla
41560AVAX008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	0	0	0	0	0	NC	muros pantalla
41002CAL024	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	0	1	1	0	0	SC	panallla micropilotes
41002LM037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
41003PED015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
41004CHI005	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
41010VIR041	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara
32012REM003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara
32306COV054	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	0	0	1	NC	muros pantalla
32308ARG051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
32310CAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara
32313HER012	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
32308PER006	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		3	1	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
07001PEL015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		3	0	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
07003AUS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
07004ANG036	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
07100GEN144	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		3	1	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
07014PED016	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		1	1	1	0	0	1	NC	muros pantalla
05001JBL001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC	panallla micropilotes
47002BDL027	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC	muros pantalla
480315TA004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	0	1	SC	muros contencion a una cara
09112FLA002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08912MAR028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08004GRA014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara
08005LLU163	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08005RTU196	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08014SAG001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	muros pantalla
08017VIA343	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	NC	muros pantalla
08018ALM186	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08018ALM199	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08018ALM215	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08018SAN160	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC	muros pantalla
08019VEN067	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08025ROS038	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	0	0	1	NC	muros pantalla
08032CAL114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08037TOR001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	0	0	1	NC	panallla micropilotes
43820POU035	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08860TRE013	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08850CEN035	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC	muros pantalla
08902CAS206	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	0	1	0	NC	muros pantalla
08902UVA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	1	0	1	0	SC	muros pantalla
08700CAT015	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08120ROS010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	0	0	1	NC	muros pantalla
08241VIC122	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08241VSI028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	SC	panallla micropilotes
08242DOC007	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08242MAJ040	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08301RAI373	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara
08640CRE011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara
08784CRI025	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC	muros pantalla
08191DIB014	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	1	0	0	0	NC	muros contencion a una cara
08191PDR014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	0	1	0	0	0	NC	muros contencion a una cara
08191POE042	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	1	0	0	0	NC	muros contencion a una cara
08203COM051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	base de rípios	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08203TET022	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08204EDU009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08650GAV018	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08470VEL127	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08272UG028	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08272VIC095	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		1	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara
08690COL027	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	1	0	0	0	NC	muros contencion a una cara
43700ANO011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara
08500REM046	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	0	1	0	SC	muros contencion a una cara
08800PAS001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
08800PAS013	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara
17600MES008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	1	1	1	NC	muros pantalla
17457CEL010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		1	0	1</					

Tabla 3.4. BD pas2. Hoja Casos muestra

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterrneas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
11110RAF023	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
11002SAC026	estructura_metalica_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	escape_de_agua_de_red	2	0	1	1	0	1	SC	pantalla_micropilotes
11100REA011	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	1	0	1	0	1	SC	muros_pantalla
07800JMC005	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	4	1	0	0	0	1	NC	pantalla_micropilotes
08660ANG037	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
08018ROC114	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	1	1	NC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	1	1	0	1	1	NC	pantalla_pilotes
08640PRO015	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	1	0	0	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara
28039MAR006	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	3	1	0	0	0	1	SC	muros_pantalla
03012CRO010	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	1	1	0	1	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara

Tabla 3.5. BD pa2a

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterráneas	Arçillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
04002SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	NC	panallia micropilotes
04005ALT040	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		3	1	1	1	1	0	NC
04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		4	1	1	1	1	0	NC
11110RAFO23	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC
11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	SC
11002PER019	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		3	1	0	1	1	0	SC
11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	de 50 a 100 años	escape de agua de red		2	0	1	1	0	1	SC
11005SAN011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		4	0	1	1	0	1	SC
11008GAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	1	1	0	1	SC
11110REA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	0	0	1	SC
14920COS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		5	0	1	1	0	1	NC
14920MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	1	1	0	1	NC
14650MON001	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	1	0	0	1	NC
140011LA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	de 50 a 100 años	inexistente		5	1	0	1	0	1	NC
14001RDT009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cimentacion	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC
14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC
14005ANT010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	1	0	1	NC
14014VDF056	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC
14620COLO19	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	0	1	1	0	1	NC
146008LA000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	NC
14001PAL006	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	1	0	1	SC
14005ANT031	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	1	0	1	SC
18007SOL003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	1	0	1	NC
23004DOM001	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	0	0	SC
23004HIG004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	escape de agua de red		3	1	0	1	0	0	SC
23007EST000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente		3	1	0	1	0	0	SC
29640P80118	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	0	NC
41560AVAO08	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	0	0	0	0	1	NC
41002CAL024	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	1	0	0	SC
41002LUM037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC
41003PED015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC
41004CHI005	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC
41010VIR041	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	0	0	SC
33201REMO03	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	0	0	0	0	1	NC
33206COV054	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	0	0	1	NC
33208ARG051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC
33210CAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	SC
33213HER012	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC
33208PER006	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		3	1	0	0	0	1	NC
07800JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		3	1	0	1	1	0	NC
07001PELO15	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		3	0	1	1	0	1	NC
07003UAS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC
07004ANG036	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC
07010GEN144	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		3	1	0	0	0	1	NC
07014PED016	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		1	1	1	0	0	1	NC
384008LA030	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		4	1	0	0	0	1	NC
05001JOS011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC
470028LO027	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		SC	0	0	1	1	0	NC
49031STA004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	0	1	SC
08911FLAO62	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC
08912MAR028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC
08660ANG037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC
08004GRA014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	SC
08005LU163	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08005RTU196	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08014SAS001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	0	0	1	NC
08017VIA343	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	NC
08018ALM186	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08018ALM199	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08018ALM215	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08018ROC114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08018SAN160	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion		2	0	0	1	1	1	NC
08019VEN067	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC
08025ROS380	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	0	1	1	NC
08032CAL114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		0	0	0	0	0	1	NC
08037TOR001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		2	1	1	0	0	1	NC
43820POU035	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	0	1	1	1	NC
08860TRE013	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC
08850CEN035	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC
08902CAS006	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	0	1	0	NC
08902UVA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	1	1	0	1	0	SC
08904COL095	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	1	0	1	1	NC
08700AAT015	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		NC	0	0	0	0	1	NC
08120ROS010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	0	0	1	NC
08241VIC122	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC
08241VSI028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	SC
08242DOC007	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion		2	1	0	0	0	1	NC
08242MAJ040	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC
08301RAL373	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC
08640CRE011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC
08640PR0015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	SC
08784CRU025	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		2	1	0	0	0	1	NC
08191DIB014	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		0	0	1	0	0	0	NC
08191PDR014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		2	0	1	0	0	0	NC
08191POE042	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	1	0	0	0	NC
08203COM051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	base de rìpios	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC
08203TET022	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC
08204EDU009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	1	1	1	1	NC
08650GAV018	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC
08470VEL127	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente		1	0	0	1	1	1	NC
08272EU028	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	1	0	0	0	1	NC
08272VIC095	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rìpios	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion		1	1	0	0	0	1	SC
08252COL069	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente		1	0	0	0	0	1	NC
08690COL027	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente		1	0	1	0			

Tabla 3.6. BD_pas2a.csv

Referencia	Tipología estrí	Tipología estrí	Tipología cim	Edad finca	col	Presencia de z	N plantas	subi	Arpillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
04002SAN008	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005ALT040	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						3	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005HER037	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						4	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
11110RAF023	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
11206PIS004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
11002PER019	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						3	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11002SAC026	estructura_mi estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_escape_de_ag						2	0	1	1	1	0	1 SC	pantalla_micropilotes
11005SAN011	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						4	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11008GAR004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11100REA011	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14920COS002	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						5	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14920MEM00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14650MON00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14001LLA001	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						5	1	0	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
14001RDT009	estructura_de estructura_de losa_de_cime	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	pantalla_pilotes
14002ABE024	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14005ANT01C	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14014VDF056	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14620COL019	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14600BLA000	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001PAL006	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
18007SOL003	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	0	1 NC	pantalla_micropilotes
23004DOM00	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						1	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23004HIG004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_escape_de_ag						3	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23007EST000	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						3	1	0	1	1	0	0 SC	pantalla_pilotes
29640PS0118	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
41560AVA006	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
41002CAL024	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	0	0 SC	pantalla_micropilotes
41002LUM03	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41003PED015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41004CHI005	estructura_mi estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41010VIR041	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
33201REM00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33206COV054	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
33208ARG051	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33210CAR004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33213HER012	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33208PER006	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07800JMC005	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						3	1	0	1	1	1	0 NC	muros_pantalla
07001PEL015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						3	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07003AU5002	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07004ANG03f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
07010GEN144	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07014PED016	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						1	1	1	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						4	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
05001JOS011	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
47002BDL027	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_pantalla
49031STA004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08911FLA062	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08912MAR02	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08660ANG03	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08004GRA014	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08005LLU163	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08005RTU196	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08014SAG001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08017VIA343	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08018ALM18f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						2	1	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM19f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM21f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ROC114	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018SAN160	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08019VEN067	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08025ROS380	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08032CAL114	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	0	0	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08037TOR001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	0	1	1	1 NC	pantalla_micropilotes
43820POL003f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08860TRE013	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08850CEN035	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08902CAS206	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	0	1	1	0 NC	muros_pantalla
08902UVA00f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	1	0	1	1	0 SC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	1	0	1	1	1 NC	pantalla_pilotes
08700CAT015	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08120ROS010	estructura_de estructura_ve inexistente	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08241VIC122	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08241VSI028	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 SC	pantalla_micropilotes
08242DO007	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08242MAJ04f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08301RAL1373	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640CRE011	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640PRO015	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08784CRI025	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08191DIB014	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191PDR014	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191POE042	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203COM05	estructura_de estructura_de base_de_ripic	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203TET022	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08204EDU00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08650GAV01f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08470VEL127	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272EUG02f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272VIC095	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_freatico_en_c						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08690COL027	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
43700AN001	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08500REM04f	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
085005TP020	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS001	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS013	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
17600MES00f	estructura_de estructura_ve zapatas														

Tabla 3.7. BD_pas2b

Tabla 3.8. BD_pas2b.csv

Referencia	Tipología estrí	Tipología estrí	Tipología cim	Edad finca	col	Presencia de z	N plantas	subí	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
04002SAN008	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005ALT040	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							3	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005HER037	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							4	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
11206PIS004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							2	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
11002PER019	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							3	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11005SAN011	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c							4	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11008GAR004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							2	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
14920COS002	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c							5	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14920MEMOC	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14650MON00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14001LLA001	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente							5	1	0	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001RDT009	estructura_de estructura_de losa_de_cime	de_0_a_50_ai_inexistente							2	1	0	1	0	1 NC	pantalla_pilotes
14002ABE024	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							2	1	0	1	0	1 NC	muros_pantalla
14005ANT01C	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							2	1	0	1	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14014VDF0056	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	1	0	1	0	1 NC	muros_pantalla
14620COL019	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							2	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14600BLA000	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001PAL006	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente							2	1	0	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
18007SOL003	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							2	1	1	1	0	1 NC	pantalla_micropilotes
23004DOM00	estructura_ve estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente							1	1	0	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23004HIG004	estructura_de estructura_ve escape_de_ag	mas_de_100_inexistente							3	1	0	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23007EST000	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente							3	1	0	1	0	0 SC	pantalla_pilotes
29640PSO118	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							2	0	0	1	0	1 NC	muros_pantalla
41560AVA008	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							2	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
41002CAL024	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	1	1	1	0	0 SC	pantalla_micropilotes
41002LUM03	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41003PED015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41004CHI005	estructura_mi estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente							1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41010VIR041	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente							1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
33201REM00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33206COV054	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							2	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
33208ARG051	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33210CAR004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33213HER012	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33208PER006	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							3	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07001PEL015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							3	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07003AUS002	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07004ANG03f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							2	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
07010GEN14f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							3	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07014PED016	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							1	1	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
050011JOS011	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
47002BDL027	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 SC	muros_pantalla
490315TA004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	1	0	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08911FLA062	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08912MAR02	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08004GRA014	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente							1	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08005LLU163	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08005RTU196	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08014SAG001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	1	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08017VIA343	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							2	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08018ALM18f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM19f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM21f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018SAN16C	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08019VEN067	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08025ROS38C	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	1	1	0	1	1 NC	muros_pantalla
08032CAL114	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08037TOR001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	1	1	0	1	1 NC	pantalla_micropilotes
43820POU03f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	1	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08860TRE013	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08850CEN035	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08902CAS206	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	1	0	1	0 NC	muros_pantalla
08902UVA00f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	1	1	0	1	0 SC	muros_pantalla
08700CAT015	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08120ROS010	estructura_de estructura_ve inexistente	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
08241VIC122	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08241VISI028	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							2	1	0	0	0	1 SC	pantalla_micropilotes
08242DOC00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							2	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08242MAJ04f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							1	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08301RAL1373	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640CRE011	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08784CRI025	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							2	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08191DIB014	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	1	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191PDR014	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	0	1	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191POE042	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	1	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203COM05	estructura_de estructura_de base_de_ripic	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203TET022	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08204EDU00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08650GAV01f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08470VEL127	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272EUG02f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272VIC095	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_freatico_en_c							1	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08690COL027	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							1	0	1	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
43700ANO01	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	1	0	0	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08500REM04f	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente							1	1	0	0	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS001	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS013	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente							1	1	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
17600MES00f	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_freatico_en_c							2	1	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
17457CEL010	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_freatico_en_c							1	0	1	1	0	0 NC	muros_pantalla
17480MOSO01	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente							2	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
43110SSE008	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
43201VIL010	estructura_mi estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente							1	0	0	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
43540CAT073	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
06800PON00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							3	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
15001PAD004	estructura_de estructura_ve escape_de_ag	mas_de_100_escape_de_ag							1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
15003AND12f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_escape_de_ag							1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
15701GEN02f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c							4	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
27700RIB000	estructura_de estructura_de zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c							3	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
36700MAR00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							2	0	0	0	0	1 SC	pantalla_micropilotes
28039TRE015	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente							1	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
03004MMO0f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente							3	0	0	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara

Tabla 3.9. BD pas2c

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterráneas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
11110RAF023	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
11002SAC026	estructura_metalica_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	escape_de_agua_de_red	2	0	1	1	0	1	SC	pantalla_micropilotes
11100REA011	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	1	0	1	0	1	SC	muros_pantalla
07800JMC005	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	4	1	0	0	0	1	NC	pantalla_micropilotes
08660ANG037	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
08018ROC114	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	1	1	NC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	1	1	0	1	1	NC	pantalla_pilotes
08640PRO015	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	1	0	0	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara
28039MAR006	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	3	1	0	0	0	1	SC	muros_pantalla
03012CRO010	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	1	1	0	1	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara

Tabla 3.10. BD_pas2c.csv

Referencia	Tipología estru	Tipología estru	Tipología cim	Edad finca	col	Presencia de	¿N plantas sub	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
11110RAF023	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100_	inexistente			1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
11002SAC026	estructura_m	estructura_ve	base_de_ripic	de_50_a_100_	escape_de_ag			2	0	1	1	0	1 SC	pantalla_micropilotes
11100REA011	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100_	freatico_en_c			2	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c			2	1	0	1	0	1 SC	muros_pantalla
07800JMC005	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c			3	1	0	1	1	0 NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c			4	1	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
08660ANG037	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente			1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08018ROC114	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100_	freatico_en_c			2	0	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100_	inexistente			1	1	1	0	1	1 NC	pantalla_pilotes
08640PRO015	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100_	inexistente			1	0	0	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente			1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100_	inexistente			1	1	0	0	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
28039MAR000	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_50_a_100_	inexistente			3	1	0	0	0	1 SC	muros_pantalla
03012CRO010	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100_	freatico_en_c			1	1	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara

Tabla 3.11. Descripción BD_pas3

Denominación	Hojas contenidas	Contenido y descripción
BD_pas3.xlsx. (Documento general base)	BCC	136 casos. Los Casos Muestra están marcados en azul
	Casos BCC	130 casos que van a formar parte de la BCC de la serie 3
	Casos Muestra	6 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 3
BD_pas3a.xlsx	BCC	136 casos. Es copia individual de la hoja BCC de BD_pas3.xlsx
BD_pas3a.csv	BCC	136 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas3b.xlsx	Casos BCC	130 casos. Es copia individual de la hoja Casos BCC de BD_pas3.xlsx
BD_pas3b.csv	Casos BCC	130 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR
BD_pas3c.xlsx	Casos Muestra	6 casos muestra que se utilizan para evaluar la BCC de la serie 3
BD_pas3c.csv	Casos Muestra	6 casos. Está en formato "csv" para poder introducirla en el CBR

Tabla 3.12. BD pas3. Hoja BCC

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentación finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterráneas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contención obra nueva		
04002SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	1	1	1	0	NC	panallia micropilotes		
04005ALT040	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	3	1	1	1	1	0	NC	panallia micropilotes		
04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	4	1	1	1	1	0	NC	panallia micropilotes		
11110RAF023	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara		
11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara		
11002PER019	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	de 50 a 100 años	escape de agua de red	2	0	1	1	0	1	SC	panallia micropilotes		
11005SAN011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion	4	0	1	1	0	1	SC	muros panallia		
11008GAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	1	1	0	1	SC	muros panallia		
11100REA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara		
14920COS002	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion	5	0	1	1	0	1	NC	muros panallia		
14920MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	1	1	0	1	NC	muros panallia		
14558BMON01	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	2	1	1	1	0	1	NC	muros contencion a una cara		
14001LLA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	mas de 100 años	inexistente	5	1	0	1	0	1	NC	muros panallia		
14001TRD009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cimentacion	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	0	1	0	1	NC	panallia pilotes	
14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	1	0	0	1	0	1	NC	muros panallia	
14005ANT010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	1	0	1	NC	muros contencion a una cara		
14001VDF066	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	NC	muros panallia		
14620COL019	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	0	1	1	0	1	NC	muros panallia		
14603BLA000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 50 a 50 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	NC	muros panallia		
14001PAL006	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	SC	muros contencion a una cara		
14005ANT031	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	1	0	1	SC	muros panallia		
18007SOL003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	1	1	0	1	NC	panallia micropilotes		
23004DOM001	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	1	1	0	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
23004HIG004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	escape de agua de red	3	1	0	0	1	0	SC	muros contencion a una cara		
23007EST000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	3	1	0	0	1	0	SC	panallia pilotes		
41640PSC018	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	NC	muros panallia		
415660VA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	0	0	1	0	1	NC	muros panallia		
41002CAL024	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	1	0	0	0	SC	panallia micropilotes		
41002LUM037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
41003PED015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
41004CH005	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
41010VIR041	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara		
41013REM003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	0	SC	muros contencion a una cara		
33206COV054	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	NC	muros panallia		
33208ARG051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	0	1	NC	panallia micropilotes	
33210CAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara		
33213HER012	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	0	0	1	NC	panallia micropilotes		
33208PER006	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	0	1	0	1	NC	panallia micropilotes	
07800JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	0	1	1	0	NC	muros panallia	
07800PER015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	3	0	0	0	0	1	1	NC	panallia micropilotes	
07003AUS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	0	0	0	1	NC	panallia micropilotes	
07004ANG036	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara	
07010GEN144	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	3	1	0	0	0	0	1	NC	panallia micropilotes	
07014PED016	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	1	1	1	0	0	1	1	NC	muros panallia	
38400BLA030	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	4	1	0	0	0	0	1	NC	panallia micropilotes	
05001JOS011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	NC	panallia micropilotes	
05003BO1027	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	SC	muros panallia	
49031STA004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara	
08911FLA062	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08912MAR028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	NC	muros panallia	
08660ANG037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	0	0	1	0	1	NC	muros contencion a una cara	
08004GRA014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	0	0	0	1	1	SC	muros contencion a una cara	
08005LLU163	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	1	1	1	1	NC	muros panallia	
08005STR196	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	1	1	1	1	NC	muros panallia	
08014SAG001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	1	1	1	1	1	NC	muros panallia	
08017VA043	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	0	1	NC	muros panallia
08018ALM186	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	1	1	0	1	NC	muros panallia	
08018ALM199	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	1	1	1	NC	muros panallia	
08018ALM215	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	1	1	1	NC	muros panallia	
08018ROCT114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	1	1	1	NC	muros panallia	
08018SAN160	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	1	1	1	1	NC	muros panallia	
08019VEN067	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08025ROS0380	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	1	1	NC	muros panallia	
08033CAT114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08033TOR001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	1	1	NC	panallia micropilotes	
43820POU013	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08860RED013	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara	
08850CEN035	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	1	0	0	0	0	1	NC	muros panallia	
08902CAS206	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	1	1	0	0	0	1	NC	muros panallia	
08902UVA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	0	1	0	1	SC	muros panallia	
08904COL095	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	1	0	0	1	1	NC	panallia pilotes	
08706CAT015	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08212ROS010	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 50 años	inexistente	1	1	0	0	0	0	1	NC	muros panallia	
08241VIC122	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08241VIS028	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	0	1	SC	panallia micropilotes	
08242DOC007	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara	
08242MAJ040	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	0	0	0	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08301RAL373	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara	
08640CRE011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de rípios	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara	
08640PRO015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	0	0	0	1	1	1	SC	muros contencion a una cara	
08784CRI025	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	0	1	NC	muros panallia	
08191DIB014	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara
08191PRD014	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	0	0	0	0	0	0	NC	muros contencion a una cara	
08191ROE042	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	base de rípios	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	1	1	0	0	0	NC	muros contencion a una cara	
08203COM051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	base de rípios	de 0 a 50 años	inexistente	1	0	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08203TEU022	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara	
08204EDU009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	1	1	1	1	1	1	NC	muros contencion a una cara	
0865															

Tabla 3.12. BD pas3. Hoja Casos BCC

Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentación finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterráneas	Arillaz	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología cimentación obra nueva	
04002SAN008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	1	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
04005HER037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	4	1	1	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
111110FAF023	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara	
11206PIS004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara	
11002PER019	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	3	1	1	1	0	1	SC	muros pantalla	
11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios	de 50 a 100 años	escape de agua de red	2	0	1	1	0	1	SC	pantalla micropilotes	
11005SANO11	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion	4	0	1	1	0	1	SC	muros pantalla	
111006SAA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara	
14400COS002	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	freatico en cota cimentacion	5	0	1	0	0	1	NC	muros pantalla	
14320MEM000	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	0	0	1	1	0	1	NC	muros pantalla	
14650MON001	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros contencion a una cara	
14001LLA001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios	mas de 100 años	inexistente	5	1	0	0	1	0	1	NC	muros pantalla
14001RDT009	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	losa de cimentacion	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	NC	pantalla pilotes	
14002ABE024	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	NC	muros pantalla	
14005SANT010	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	1	0	1	NC	muros contencion a una cara	
14014VDF056	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	1	0	1	NC	muros pantalla	
14620COL019	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	0	1	1	0	1	NC	muros pantalla	
14608BLA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	1	1	1	1	0	1	NC	muros pantalla	
14001PAL008	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	2	1	0	0	1	0	1	NC	muros contencion a una cara
14005SANT031	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	1	0	1	0	1	SC	muros pantalla	
18007SLO003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	1	1	0	1	NC	pantalla micropilotes	
23004DOM001	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	mas de 100 años	inexistente	1	1	0	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
23004HIG004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	escape de agua de red	3	1	0	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
29640PSO118	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	1	0	1	NC	muros pantalla	
41560AVA008	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	2	0	0	0	0	1	NC	muros pantalla	
41002CAL024	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	1	1	0	0	SC	pantalla micropilotes	
41002UM037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
41003PDR015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
41004CHID005	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios	mas de 100 años	inexistente	2	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
41010VIR001	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	1	1	0	0	SC	muros contencion a una cara	
33201REM003	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	0	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara	
33206COV054	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	2	0	0	0	0	1	NC	muros pantalla	
33208ARG051	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 50 a 100 años	inexistente	2	1	0	0	0	1	NC	pantalla micropilotes	
33210CAR004	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente	mas de 100 años	inexistente	1	1	0	0	0	1	SC	muros contencion a una cara	
33213HER012	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	inexistente	2	1	0	0	0	1	NC	pantalla micropilotes	
33208PER006	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	0	0	1	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	muros pantalla	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	pantalla micropilotes	
07003JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas	de 0 a 50 años	freatico en cota cimentacion	3								

Tabla 3.12. BD pas3. Hoja Casos Muestra

Referencia	Tipologia estructura obra nueva	Tipologia estructura finca colindante	Tipologia cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterraneeas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipologia contencion obra nueva
04005ALT040	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	Inexistente	3	1	1	1	1	0	NC	pantalla_micropilotes
11008GAR004	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	1	1	0	1	SC	muros_pantalla
23007EST000	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	mas_de_100_años	inexistente	3	1	0	1	0	0	SC	pantalla_pilotes
08014SAG001	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	1	1	1	1	NC	muros_pantalla
03004VIN010	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	0	1	1	0	SC	pantalla_micropilotes
12520AVM149	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	0	0	NC	pantalla_pilotes

pas3a

Tabla 3.14. BD_pas3a.csv

Referencia	Tipología estrí	Tipología estrí	Tipología cim	Edad finca	col	Presencia de z	N plantas	subi	Arpillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
04002SAN008	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005ALT040	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						3	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005HER037	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						4	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
11110RAF023	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
11206PIS004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
11002PER019	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						3	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11002SAC026	estructura_mi estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_escape_de_ag						2	0	1	1	1	0	1 SC	pantalla_micropilotes
11005SAN011	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						4	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11008GAR004	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11100REA011	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	1	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14920COS002	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						5	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14920MEM00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14650MON00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14001LLA001	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						5	1	0	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
14001RD009	estructura_de estructura_de losa_de_cime	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	pantalla_pilotes
14002ABE024	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14005ANT01C	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14014VDF056	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14620COL019	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14600BLA000	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001PAL006	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
18007SOL003	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	0	1 NC	pantalla_micropilotes
23004DOM00	estructura_ve estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						1	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23004HIG004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_escape_de_ag						3	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23007EST000	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_inexistente						3	1	0	1	1	0	0 SC	pantalla_pilotes
29640PS0118	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
41560AVA006	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
41002CAL024	estructura_mi estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	0	0 SC	pantalla_micropilotes
41002LUM03	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41003PED015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41004CHI005	estructura_mi estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41010VIR041	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
33201REM00	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33206COV054	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
33208ARG051	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33210CAR004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33213HER012	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33208PER006	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07800JMC005	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						3	1	0	1	1	1	0 NC	muros_pantalla
07001PEL015	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						3	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07003AU5002	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07004ANG03f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
07010GEN144	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07014PED016	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						1	1	1	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						4	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
05001JOS011	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
47002BDL027	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_pantalla
49031STA004	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08911FLA062	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08912MAR02	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08660ANG03	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08004GRA014	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08005LLU163	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08005RTU196	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08014SAG001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08017VIA343	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08018ALM18f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_freatico_en_c						2	0	1	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM19f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM21f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ROC114	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018SAN160	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_freatico_en_c						2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08019VEN067	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08025ROS380	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08032CAL114	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	0	0	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08037TOR001	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						2	1	1	0	1	1	1 NC	pantalla_micropilotes
43820POL003f	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08860TRE013	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08850CEN035	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08902CAS206	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	0	1	1	0 NC	muros_pantalla
08902UVA00f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	1	1	0	1	1	0 SC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	pantalla_pilotes
08700CAT015	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08120ROS010	estructura_de estructura_ve inexistente	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08241VIC122	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08241VSI028	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 SC	pantalla_micropilotes
08242DO007	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_freatico_en_c						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08242MAJ04f	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08301RAL1373	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640CRE011	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640PRO015	estructura_de estructura_ve zapatas	de_50_a_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08784CRI025	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08191DIB014	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191PDR014	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						2	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191POE042	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203COM05	estructura_de estructura_de base_de_ripic	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203TET022	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08204EDU00f	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08650GAV01f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08470VEL127	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272EUG02f	estructura_de estructura_ve zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272VIC095	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	mas_de_100_freatico_en_c						1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	0	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08690COL027	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
43700AN001	estructura_de estructura_de zapatas	de_0_a_50_ai_inexistente						1	1	0	0	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08500REM04f	estructura_de estructura_ve base_de_ripic	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de estructura_ve inexistente	mas_de_100_inexistente						1	1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS001	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS013	estructura_de estructura_ve inexistente	de_50_a_100_inexistente						1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
17600MES00f	estructura_de estructura_ve zapatas	mas_de_100_freatico_en_c													

22

Tabla 3.16. BD_pas3b.csv

Referencia	Tipología estrí	Tipología estrí	Tipología cime	Edad finca	col	Presencia de ¿	N plantas subí	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipología contencion obra nueva
04002SAN008	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
04005HER037	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		4	1	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
11110RAFO23	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
11206PIS004	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		2	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
11002PER019	estructura_mi	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		3	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11002SAC026	estructura_mi	estructura_ve	base_de_ripic	de_50_a_100	escape_de_ag		2	0	1	1	1	0	1 SC	pantalla_micropilotes
11005SAN011	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	freatico_en_c		4	0	1	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
11100REA011	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14920COS002	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	freatico_en_c		5	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14920MEM00	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14650MON00	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14001LLA001	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	inexistente		5	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001RDT009	estructura_de	estructura_de	losa_de_cime	de_0_a_50_ai	inexistente		2	1	0	1	1	0	1 NC	pantalla_pilotes
14002ABE024	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14005ANT010	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
14014VDF056	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		2	1	0	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14620COL019	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		2	0	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14600BLA00	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	1	1	1	0	1 NC	muros_pantalla
14001PAL006	estructura_de	estructura_ve	zapatas	mas_de_100	inexistente		2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		2	1	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
18007SOL003	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		2	1	1	1	1	0	1 NC	pantalla_micropilotes
23004DOM00	estructura_ve	estructura_ve	zapatas	mas_de_100	inexistente		1	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
23004HIG004	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	escape_de_ag		3	1	0	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
29640PS0118	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		2	0	0	0	1	0	1 NC	muros_pantalla
41560AVA006	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
41002CAL024	estructura_mi	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		2	1	1	1	1	0	0 SC	pantalla_micropilotes
41002LUM03	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41003PED015	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41004CHI005	estructura_mi	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	inexistente		1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
41010VIR041	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	inexistente		1	1	1	1	1	0	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
33201REM00	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33206COV054	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
33208ARG051	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33210CAR004	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
33213HER012	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		2	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
33208PER006	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07800JMCO05	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		3	1	0	1	1	1	0 NC	muros_pantalla
07001PEL015	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		3	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07003AU002	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		2	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07004ANG03	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
07010GEN144	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		3	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
07014PED016	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		1	1	1	1	0	0	1 NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		4	1	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
05001IOS011	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	pantalla_micropilotes
47002BDL027	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_pantalla
49031STA004	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	1	1	1	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08911FLA062	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08912MAR02	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08660ANG03	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08004GRA014	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	de_50_a_100	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08005LLU163	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08005RTU196	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08017VIA343	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08018ALM18	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM19	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ALM21	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018ROC114	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08018SAN160	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	freatico_en_c		2	0	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
08019VEN067	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08025ROS380	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		2	1	1	0	1	1	1 NC	muros_pantalla
08032CAL114	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08037TOR001	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		2	1	1	0	1	1	1 NC	pantalla_micropilotes
43820POU03	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08860TRE013	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08850CEN035	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08902CAS206	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	1	0	1	1	0 NC	muros_pantalla
08902UVAO08	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		2	1	1	0	1	1	0 NC	muros_pantalla
08904COL095	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	1	1	0	1	1	1 NC	pantalla_pilotes
08700CAT015	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		1	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08120ROS010	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	1	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08241VIC122	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08241VIS028	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		2	1	0	0	0	0	1 SC	pantalla_micropilotes
08242DOC00	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	freatico_en_c		2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08242MAJ04	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		1	0	1	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08301RAL373	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640CRE011	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08640PRO015	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08784CRI025	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		2	1	0	0	0	0	1 NC	muros_pantalla
08191DIB014	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191PDR014	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		2	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08191POE042	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203COM05	estructura_de	estructura_de	base_de_ripic	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08203TET022	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08204EDU005	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	1	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08650GAV01	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08470VEL127	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272UEG00	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08272VIC095	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	freatico_en_c		1	1	0	0	0	0	1 SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	0	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08690COL027	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		1	0	1	0	0	0	0 NC	muros_contencion_a_una_cara
43700AN001	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50_ai	inexistente		1	1	0	0	0	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08500REM04	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	de_50_a_100	inexistente		1	1	0	0	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	1	0	0	0	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS001	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
08800PAS013	estructura_de	estructura_ve	inexistente	de_50_a_100	inexistente		1	1	0	1	1	1	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
17600MES00	estructura_de	estructura_ve	zapatas	mas_de_100	freatico_en_c		2	1	0	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
17457CEL010	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	mas_de_100	freatico_en_c		1	1	1	1	1	0	0 NC	muros_pantalla
17480MOS01	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100	inexistente		2	0	0	0	0	0	1 NC	muros_contencion_a_una_cara
43110SSE008	estructura_de	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente		1	0	0	1	1	1	0 SC	muros_contencion_a_una_cara
43201VIL010	estructura_mi	estructura_ve	inexistente	mas_de_100	inexistente									

Tabla 3.17. BD_pas3c

Referencia	Tipologia estructura obra nueva	Tipologia estructura finca colindante	Tipologia cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterraneeas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipologia contencion obra nueva
04005ALT040	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	3	1	1	1	1	0	NC	pantalla_micropilotes
11008GAR004	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	1	1	0	1	SC	muros_pantalla
23007EST000	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	mas_de_100_años	inexistente	3	1	0	1	0	0	SC	pantalla_pilotes
08014SAG001	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	1	1	1	1	NC	muros_pantalla
03004VIN010	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	0	1	1	0	SC	pantalla_micropilotes
12520AVM149	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	0	0	NC	pantalla_pilotes

Tabla 3.18. BD_pas3c.csv

Referencia	Tipologia estr	Tipologia estr	Tipologia cim	Edad finca	col	Presencia de	¿ N plantas sub	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipologia contencion obra nueva
04005ALT040	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100		inexistente		3	1	1	1	1	0 NC	pantalla_micropilotes
11008GAR004	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100		freatico_en_c		2	0	1	1	0	1 SC	muros_pantalla
23007EST000	estructura_de	estructura_ve	zapatas	mas_de_100		inexistente		3	1	0	1	0	0 SC	pantalla_pilotes
08014SAG001	estructura_de	estructura_ve	zapatas	de_50_a_100		inexistente		2	1	1	1	1	1 NC	muros_pantalla
03004VIN010	estructura_de	estructura_ve	base_de_ripic	de_50_a_100		inexistente		2	1	0	1	1	0 SC	pantalla_micropilotes
12520AVM14	estructura_de	estructura_de	zapatas	de_0_a_50	ai	freatico_en_c		2	0	0	1	0	0 NC	pantalla_pilotes

Tabla 4.1. Tabla explicativa de atributos

GRUPO	COLUMNA	DENOMINACION	EXPLICACION
1	1	Referencia	Código de referencia para identificación unívoco del caso. Cadena de 11 caracteres donde los 5 primeros corresponden al código postal, los 3 siguientes a las 3 primeras letras de la calle y los 3 últimos al número de finca que ocupa la obra
6	2	si/no caídas	Se definen 2 subconjuntos dentro del conjunto de obras, las que producen el derrumbe, las que no lo producen
4	3	Tipología contención obra nueva	Se definen 5 tipos de contención de obra nueva, es decir la contención que se ejecuta en el terreno para poder iniciar las cimentaciones del edificio nuevo Inexistente: puede ser que exista muro o parte de él pero no apto de contención de tierras, (muros sin armar y de material no resistente a empujes laterales) muros contención a una cara: son muros que contrarestan el empuje horizontal generado por las tierras en su cara exterior. Solo va encofrado por su cara interior. muros pantalla: es un muro de contención que se construye antes de efestuar el vaciado de tierras. pantalla micropilotes: estructura de contención a base de pilotes de diámetro pequeño, atados por viga de coronación en su parte superior y clavados en terreno. pantalla pilotes: estructura de contención flexible. Puede ser del tipo de pilotes separados, tangentes o secantes.
4	4	Tipología estructura obra nueva	Se definen 4 tipos de estructura de obra nueva. Estos tipos son los más habituales y entre estos, actualmente lo son los 2 primeros estructura de hormigón y forjado reticular: sus forjados poseen los elementos resistentes o nervios en las 2 direcciones horizontales (eje x, eje y) formando una retícula, los pilares también son armados y de hormigón. También llamados bidireccionales. estructura de hormigón y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos que se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, jacentes y vigas, donde los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes, elementos de entrevigado y chapa de compresión. Los pilares son armados de hormigón estructura metálica y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos que se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, jacentes y vigas, donde los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes, elementos de entrevigado y chapa de compresión. Los pilares son perfiles metálicos estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos que se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, donde los elementos resistentes, muros de carga, van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes como viguetas de madera, metal u hormigón, elementos de entrevigado como bovedillas o arcos y chapa de compresión. Los muros son de carga hechos de ladrillo.
5	5	Tipología estructura finca colindante	Se definen 3 tipos de estructura de fincas colindantes. Estos tipos son los más habituales y cuanto más antigua es la finca más utilizado era el último caso. estructura de hormigón y forjado reticular: sus forjados poseen los elementos resistentes o nervios en las 2 direcciones horizontales (eje x, eje y) formando una retícula, los pilares también son armados y de hormigón. También llamados bidireccionales. estructura de hormigón y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos que se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, jacentes y vigas, donde los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes, elementos de entrevigado y chapa de compresión. Los pilares son armados de hormigón estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional: disponen de los forjados unidireccionales, son aquellos que se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, donde los elementos resistentes, muros de carga, van dispuestos en una sola dirección. El forjado se compone de los elementos resistentes como viguetas de madera, metal u hormigón, elementos de entrevigado como bovedillas o arcos y chapa de compresión. Los muros son de carga hechos de ladrillo.
5	6	Tipología cimentación finca colindante	Se definen 4 tipos de cimentación utilizada en fincas colindantes. Cuanto más antigua es la finca más sencilla es su cimentación. inexistente: en edificios construidos hasta principios del siglo pasado, las cimentaciones no se calculaban siguiendo la mecánica de suelos de Terzagui, se ejecutaban en base a la experiencia. En pequeñas edificaciones de 1 o 2 plantas las cimentaciones eran inexistentes ya que se solían apoyar en los muros medianeros de los edificios vecinos. base de ripios: en edificios ligeros como en el caso anterior, se realizaban cimentaciones basadas en una capa de ripios con mortero de cal o sin él. Con el paso del tiempo el mortero de cal se degrada y se disgrega, provocando la separación de los ripios de la base. zapatas: tipo de cimentación superficial. Consiste en un prisma de hormigón situado bajo los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a las que está sometido el resto de la estructura. losa de cimentación: es una placa de hormigón apoyada sobre el terreno. Esta reparte el peso y las cargas del edificio sobre toda la superficie de apoyo. Es un tipo de cimentación superficial que tiene muy buen comportamiento en
5	7	Edad finca colindante	Se establecen 3 intervalos de antigüedad de fincas: de 0 a 50 años, de 50 a 100 años, más de 100 años.
2	8	Presencia de agua	Se establecen 3 tipos de presencia de agua en el terreno. El agua es uno de los elementos que más influye en la aparición de patologías en las cimentaciones. En ella se combinan los tres tipos de agresiones que pueden darse: biológicas, químicas y físicas. Aunque hay más causas que producen variaciones de humedad en un terreno, se han establecido como valores de la variable las 2 más importantes. Ambas pueden generar condiciones muy desfavorables para cimentaciones como: cambios de volumen en arcillas, alteración de resistencia del suelo, heladas, descargas, putrefacción, corrosión, etc. inexistente: los edificios que están dotados de forjado sanitario o plantas bajo rasante tienen menos escapes de agua en red por rotura de tuberías bajo el edificio, ya que cuando se producen movimientos entre edificio y/o terreno, al no encontrarse las tuberías presionadas, no se produce la rotura de las mismas. También se mejora el mantenimiento de la red ya que se tiene un fácil acceso a la misma. escape de agua de red: se puede producir por roturas de bajantes, colectores, arquetas, red de recogida de aguas pluviales, fecales, redes de edificios vecinos, red de abastecimiento o saneamiento público, etc. freatico en cota cimentación: el nivel freático corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. La presión del agua en este nivel es la presión atmosférica. En cimentaciones, sobretudo profundas, uno de los problemas que suelen aparecer es la existencia de nivel freático. La presencia de agua, produce una disminución de las propiedades y características resistentes en suelos saturados y de la propia cimentación.
4	9	N plantas subterráneas	Indica el número de plantas del edificio construidas bajo rasante
2			Se establecen 5 tipos de terrenos en función del tamaño de sus granos (granulometría). Cada uno de estos, aunque dependiendo de la compacidad, tiene un valor diferente del ángulo de fricción o rozamiento interno. La horquilla de valores
	10	arcillas	Tamaño de partículas < 0,002 mm. Ángulo de fricción: 15 ° < ϕ < 30 °
	11	limos	0,002 mm < Tamaño de partículas < 0,06 mm. Ángulo de fricción: 30 ° < ϕ < 34 °
	12	arenas	0,06 mm < Tamaño de partículas < 2 mm. Ángulo de fricción: 34 ° < ϕ < 40 °
	13	gravas	2 mm < Tamaño de partículas < 60 mm. Ángulo de fricción: 40 ° < ϕ < 48 °
	14	rocas	60 mm < Tamaño de partículas. Ángulo de fricción: 48 ° < ϕ
2	15	e: 1/50.000 escaneado	En la web del IGME , accediendo a Información geocientífica / Cartografía digital / Cartografía geológica / Cartografía 1:50.000, se encuentra la serie MAGNA 50 que es la serie que se ha utilizado para informar esta columna. Esta serie está disponible en 3 formatos: jpg, pdf y formato web (dinámico). En esta columna se ha incluido la información recopilada desde los mapas en formato jpg y pdf.
2	16	mapa dinámico e: 1/50.000	En la web del IGME , igual que en el caso anterior se accede a la serie MAGMA 50 para poder acceder al visor IGME del mapa dinámico. Desde el mapa se accede a la información, composición y situación del terreno sobreponiendo el cursor. Este mapa dinámico consta de varias capas, esta es la capa de detalle a escala 1:50.000.
2	17	e:1/200.000 escaneado	En la web del IGME , accediendo a Información geocientífica / Cartografía digital / Cartografía geológica / Otras series geológicas, se encuentra la serie 1:200.000. Esta solo está disponible en formato jpg que es el formato digital correspondiente al escaneado de los planos originales
2	18	mapa dinámico e: 1/1.000.000	En la web del IGME , igual que en el caso anterior se accede a la serie MAGMA 50 para poder acceder al visor IGME del mapa dinámico. Desde el mapa se accede a la información, composición y situación del terreno sobreponiendo el cursor. Este mapa dinámico consta de varias capas, esta es la capa general a escala 1:1.000.000.
2	19	e: 1/50.000	En la web de IGC , accediendo a Geoindex / Cartografía geológica, se accede al visor de la distribución de los planos a escala 1: 250.000 y 1: 50.000. Por otro lado, desde Geoindex / Catálogo de Cartografía se accede al listado de planos que se pueden consultar en formato GeoPDF. La ventaja de este formato, es que utilizando el programa suministrado en la misma web, obtienes las coordenadas de cualquier punto del plano solo sobreponiendo el cursor en él.
1	20	Latitud	Perteneciente al sistema de coordenadas geográficas es la coordenada que se encarga de medir el ángulo de la orientación Norte-Sur, es decir, el ángulo entre cualquier punto y el Ecuador. Determina la latitud donde se encuentra situado cada uno de los casos
1	21	Longitud	Perteneciente al sistema de coordenadas geográficas es la coordenada que se encarga de medir el ángulo de la orientación Este-Oeste, es decir, a lo largo del Ecuador. Determina la longitud donde se encuentra situado cada uno de los
1	22	Com. Autónoma	Ubicación exacta donde se ejecuta la obra
1	23	Provincia	
1	24	Población	
1	25	calle / plaza / paseo	
3	26	Fecha suceso	
3	27	Fecha visita	Cadena de 10 caracteres: dd/mm/aaaa . Día mes y año de cuando se realiza la visita al edificio, si no se realiza visita la fecha NA
7	28	Promotor	Persona física o jurídica que impulsa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior venta, entrega o cesión a terceros de una o varias viviendas.
7	29	Constructor	Es el agente que asume contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.
3	30	Estado de la obra en fecha visita	Se definen 6 estados de obra. A partir de que el estado avanza, aumenta la estabilidad de la estructura del edificio y mayor el tiempo transcurrido desde los estados movimiento de tierras y contención/cimentación que son los estados con Movimiento de tierras: conjunto de actuaciones a realizarse en un terreno para la ejecución de una obra. Cimentación: elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas al suelo distribuyéndolas de forma que no superen presión admisible del terreno. Contención: destinado a contener masas de tierra y a contrarrestar sus empujes Estructura: está compuesta por un conjunto de elementos unidos entre sí formando el esqueleto del edificio y es capaz de soportar las fuerzas que actúan sobre ella conservando su forma inicial Cerramientos: conjunto de sistemas constructivos del edificio que constituye los límites o fronteras con el ambiente exterior. Acabados: fase de prefinalización del edificio donde se realizan los últimos ajustes y retoques. Finalizada: cuando la obra ha concluido
6	31	Medidas Preventivas	Apuntalamiento y subestructuras de soporte y estabilización
6	32	Daños Observados	Derrumbes parciales (fachadas, medianeras, forjados) o totales producidos en las fincas colindantes a la obra nueva
6	33	Posibles Causas	Sucesos o eventos que tienen por resultado efectos. Vibraciones por deconstrucciones y maquinaria pesada, filtraciones de agua, aberturas excesivas de bataches...
1	34	Emplazamiento finca afectada	Calle y número de la finca o fincas afectadas. Es posible que la calle sea diferente a la de la obra ya que puede lindar lateralmente, en esquina o por la parte trasera.

Tabla 6.1. Ajustes de variables y valores

Valores obtenidos iniciales	Valores ajustados para CBR
Valores de suceso	
Obras Si caidas o No caidas	Derrumbe
Finca derrumbada	SC
Finca no derrumbada	NC
Valores constructivos basicos	
Antigüedad de las fincas vecinas	Edad finca colindante
de 0 a 50 años	de 0 a 50 años
de 50 a 100 años	de 50 a 100 años
mas de 100 años	mas de 100 años
Numero de plantas bajo rasante	N plantas subterranas
Valores estructura	
Forjado reticular de casetones y pilares de hormigon	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular
Forjado unidireccional con vigueta de hormigon y bovedilla y pilares de hormigon	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional
Forjado unidireccional con vigueta de hormigon y bovedilla y pilares metalicos	estructura_metalica_y_forjado_unidireccional
Forjado unidireccional con vigueta metalica o de madera y muros de carga	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional
Valores cimentacion	
Tipos de cimentaciones en fincas colindantes	Tipologia cimentacion finca colindante
No tiene cimentacion	inexistente
cimentacion a base de ripios	base_de_ripios
zapatas	zapatas
losa de cimentacion	losa_de_cimentacion
Valores contencion	
Tipos de contenciones a ejecutar en la obra nueva	Tipologia contencion obra nueva
No tiene contencion	inexistente
Muros de contencion a una cara	muros_contencion_a_una_cara
Muros pantalla	muros_pantalla
Muros pantalla de micropilotes	pantalla_micropilotes
Muros pantalla de pilotes	pantalla_pilotes
Valores IGC e IGME (algunos ejemplos)	
Conglomerado cementado con conchas	Rocas
Aluvial-coluvial. Arcillas y cantos	Arcillas, gravas
Arcillas y coladas traquibasalticas	Arcillas, rocas
Gravas, limos y arcillas del curso de inundación	Gravas, limos, arcillas
Limos pardos	Limos

Tabla 7.1. Definición de variantes de pruebas de la serie 1			
Nº	Nombre de la variante de prueba	Descripción y pasos	Prerequisitos
VP1	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"
VP2	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"
VP3	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"
VP4	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"
VP5	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"
VP6	Prueba general ejecución CBR	Carga de BCC, Asignación de pesos, definición estructura CBR, introducción nuevo caso, Recuperación casos similares de BCC, Adaptación del nuevo caso, Evaluación y Aprendizaje	BCC en formato "csv"

Tabla 7.2. Trazabilidad de las variantes de prueba serie 1

		Requisitos funcionales						
		Carga de base de casos	Asignar pesos a atributos	Definir estructura CBR	Introducir caso a resolver	Recuperar los casos más cercanos	Proponer la solución más parecida	Aprender incorporando caso en BD
Variante de pruebas	VP1	x	x	x	x	x	x	x
	VP2	x	x	x	x	x	x	x
	VP3	x	x	x	x	x	x	x
	VP4	x	x	x	x	x	x	x
	VP5	x	x	x	x	x	x	x
	VP6	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 7.3. Definicion de variantes de pruebas de las series 2 y 3						
Nº	Nombre de la variante de prueba	Descripcion	Prerequisitos	Pasos		
VP1	Prueba de carga de base de casos con Import	Importacion de base de casos excel a CBR desde "Import Data"	BCC en formato "csv"	File	Import Data	
VP2	Prueba de carga de base de casos con Abrir	Carga de base de casos excel a CBR desde "Open Data"	BCC en formato "csv"	File	Open Data	
VP3	Prueba asignar pesos a atributos con UEB-1	Asignacion de pesos con algoritmo UEB-1 desde "Feature Weighting"	Import Data	Feature Weighthing	Feature Weighthing	UEB-1
VP4	Prueba definir Atributo-Clase	Definicion de Atributo-Clase para utilizacion de algoritmos: IG, CVD, PROJ, EBL	Import Data	Data Management	Define Class	Atributo-Clase
VP5	Prueba asignar pesos a atributos con IG	Asignacion de pesos con algoritmo IG desde "Feature Weighting"	Atributo-Clase	Feature Weighthing	Feature Weighthing	IG
VP6	Prueba asignar pesos a atributos manualmente	Asignacion manual de pesos desde "Feature Weighting"	Atributo-Clase	Feature Weighthing	Customize Weighthing	Atributo-Peso
VP7	Prueba definir estructura CBR	Definicion de estructura de CBR desde "Define case structure"	Import Data	CBR	Define Case Structure	Description/Solution/Index
VP8	Prueba CBR Cycle	Introduccion de los valores de los atributos creando nuevo caso desde "CBR Cycle"	Define Case Structure	Asignar valor atributos		
VP9	Prueba Recuperar casos similares con Euclidea	Recuperacion de casos similares de BCC mediante distancia Euclidea desde "Retrieve"	CBR Cycle	Number of Retrieved Cases	Euclidea	Standardization / Use Weieghts
VP10	Prueba Recuperar casos similares con Minkowski	Recuperacion de casos similares de BCC mediante distancia Minkowski desde "Retrieve"	CBR Cycle	Number of Retrieved Cases	Minkowski	Standardization / Use Weieghts
VP11	Prueba Adaptar el nuevo caso con Mean/Mode	Adaptacion del nuevo caso a BCC mediante algoritmo Mean/Mode desde "Adapt"	Retrieve	Select cases	Adapt	Mean/Mode
VP12	Prueba Adaptar el nuevo caso con Weighted Mean	Adaptacion del nuevo caso a BCC mediante algoritmo Weighted Mean desde "Adapt"	Retrieve	Select cases	Adapt	Weighted Mean
VP13	Prueba Evaluar el nuevo caso con Evaluate	Evaluacion del resultado nuevo caso desde "Evaluate". Continuar o Retrieve	Adapt	Comprobar resultado	Continuar/Retrieve	
VP14	Prueba aprendizaje de la base de casos	Aprendizaje incorporando el nuevo caso BCC desde "Learn"	Evaluate	Learn		

Tabla 7.4. Trazabilidad de las variantes de prueba de las series 2 y 3

		Variante de pruebas en las series 2 y 3													
		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14
Requerimientos funcionales	Introducir casos desde "Import Data"	x													
	Introducir casos desde "Open Data"		x												
	Asignar pesos desde "UEB-1"			x											
	Definir Atributo-Clase				x										
	Asignar pesos desde "IG"					x									
	Asignar pesos manualmente						x								
	Definir estructura CBR desde "Define case structure"							x							
	Introducir valores a los atributos del nuevo caso "CBR Cycle"								x						
	Recuperar casos similares de BCC desde "Euclidean"									x					
	Recuperar casos similares de BCC desde "Minkowski"										x				
	Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Mean/Mode"											x			
	Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Weighted Mean"												x		
	Evaluar el nuevo caso desde "Evaluate"													x	
	Aprendizaje del nuevo caso por BCC desde "Learn"														x

* BCC = Base de casos

Tabla 7.5. Estrategia de ejecucion de pruebas de la serie 2. Hoja Casos muestra

Referencia	Tipologia estructura obra nueva	Tipologia estructura finca colindante	Tipologia cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterranas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipologia contencion obra nueva
11110RAF023	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
11100REA011	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	0	0	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
08660ANG037	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	0	0	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
03012CRO010	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	1	1	0	1	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara
08640PRO015	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	SC	muros_contencion_a_una_cara
08250COL069	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	inexistente	1	0	0	1	1	1	NC	muros_contencion_a_una_cara
08500STP020	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	mas_de_100_años	inexistente	1	1	0	0	1	0	SC	muros_contencion_a_una_cara
14005ANT031	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	1	0	1	0	1	SC	muros_pantalla
07800JMC005	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	3	1	0	1	1	0	NC	muros_pantalla
28039MAR006	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	3	1	0	0	0	1	SC	muros_pantalla
08018ROC114	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	inexistente	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	1	1	NC	muros_pantalla
38400BLA030	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	4	1	0	0	0	1	NC	pantalla_micropilotes
11002SAC026	estructura_metalica_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	escape_de_agua_de_red	2	0	1	1	0	1	SC	pantalla_micropilotes
08904COL095	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	1	1	1	0	1	1	NC	pantalla_pilotes

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Ciclos																Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR											
Variante de pruebas																											
Cargar BCC		Asignar pesos				Definir	Crear	Recuperar	Adaptar		Evaluar	Aprender	11110RAF023	11100REA011	08660ANG037	03012CRO010	08640PRO015	08250COL069	08500STP020	14005ANT031	07800JMC005	28039MAR006	08018ROC114	38400BLA030	11002SAC026	08904COL095	
VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	
CICLO1	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla												
CICLO2	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla												
CICLO3	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla												
CICLO4	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla												
CICLO5	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla	muros pantalla		
CICLO6	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara		
CICLO7	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara		
CICLO8	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara		
CICLO9	x	x				x	x	x		x	x	x	x	muros pantalla													
CICLO10	x	x				x	x	x	x		x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla								pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla	pantalla micropilotes	muros pantalla
CICLO11	x	x				x	x	x		x	x	x	x	muros pantalla													
CICLO12	x	x				x	x	x		x	x	x	x	muros contencion a una cara	muros pantalla												

* Se han escogido el mismo porcentaje de cada tipo de caso que la BCC, es decir 7 *muros_contencion_a_una_cara", 4 *muros_pantalla", 2 pantalla_micropilotes y 1 pantalla_pilotes

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Porcentajes													
Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR													
11110RAF023	11100REA011	08660ANG037	03012CRO010	08640PRO015	08250COL069	08500STP020	14005ANT031	07800JMC005	28039MAR006	08018ROC114	38400BLA030	11002SAC026	08904COL095
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla	muros_pantalla	muros_pantalla	muros_pantalla	pantalla_micropilotes	pantalla_micropilotes	pantalla_pilotes
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara						
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara						
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara						
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara						
muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	muros_contencion_a_una_cara	pantalla_micropilotes	muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla	pantalla_micropilotes	muros_pantalla	muros_pantalla
muros_pantalla													
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
muros_pantalla													
muros_contencion_a_una_cara	muros_pantalla												
Porcentajes de coincidencia entre el resultado de ejecución a pie de obra y ejecución de ciclos CBR													
83%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%

<p>Tabla 7.5. Estrategia de ejecucion de pruebas de la serie 2. Hoja Comparacion casos muestra</p> <p>Prueba t de Student serie 2</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>R. Obra</i>	<i>R. CBR</i>
Media	1,79	1,50
Varianza	0,95	0,58
Observaciones	14,00	14,00
Coeficiente de correlación de Pearson	0,68	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	13,00	
Estadístico t	1,47	
P($T \leq t$) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	1,77	
P($T \leq t$) dos colas	0,16	
Valor crítico de t (dos colas)	2,16	

Valor crítico de t > Estadístico t (valor absoluto de la prueba) -> No existe diferencia significativa entre ambas muestras

Tabla 7.6. Estrategia de ejecucion de pruebas serie 3. Hoja Casos muestra

Referencia	Tipologia estructura obra nueva	Tipologia estructura finca colindante	Tipologia cimentacion finca colindante	Edad finca colindante	Presencia de agua	N plantas subterranneas	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Derrumbe	Tipologia contencion obra nueva
04005ALT040	estructura_de_hormigon_y_forjado_unidireccional	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	3	1	1	1	1	0	NC	pantalla_micropilotes
11008GAR004	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	1	1	0	1	SC	muros_pantalla
23007EST000	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	mas_de_100_años	inexistente	3	1	0	1	0	0	SC	pantalla_pilotes
08014SAG001	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	zapatas	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	1	1	1	1	NC	muros_pantalla
03004VIN010	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_vertical_de_fabrica_y_forjado_unidireccional	base_de_ripios	de_50_a_100_años	inexistente	2	1	0	1	1	0	SC	pantalla_micropilotes
12520AVM149	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	estructura_de_hormigon_y_forjado_reticular	zapatas	de_0_a_50_años	freatico_en_cota_cimentacion	2	0	0	1	0	0	NC	pantalla_pilotes

Tabla 7.6. Estrategia de ejecucion de pruebas serie 3. Hoja Ciclos

		Variante de pruebas												Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR							
		Cargar BCC		Asignar pesos			Definir	Crear	Recuperar		Adaptar		Evaluar	Aprender	04005ALT040	11008GAR004	23007EST000	08014SAG001	03004VIN010	12520AVM149	
		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14	pantalla micropilotes	muros pantalla	pantalla pilotes	muros pantalla	pantalla micropilotes	pantalla pilotes
**Ciclo de pruebas serie 3	CICLO1	x	x	x				x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO2	x	x	x				x	x	x		x	x	x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO3	x	x	x				x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO4	x	x	x				x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO5	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO6	x	x		x	x		x	x	x			x	x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO7	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO8	x	x		x	x		x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO9	x	x				x	x	x	x		x		x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO10	x	x				x	x	x	x			x	x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO11	x	x				x	x	x		x	x		x	x	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
	CICLO12	x	x				x	x	x		x		x	x	x	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla

* *Se han escogido los casos con resultados minoritarios: muros_pantalla, pantalla_micropilotes, pantalla_pilotes

Tabla 7.6. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Porcentajes					
Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR					
04005ALT040	11008GAR004	23007EST000	08014SAG001	03004VIN010	12520AVM149
pantalla micropilotes	muros pantalla	pantalla pilotes	muros pantalla	pantalla micropilotes	pantalla pilotes
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
Porcentajes de coincidencia entre el resultado de ejecución a pie de obra y ejecución de ciclos CBR					
100%	50%	0,00%	16,17%	0%	0%

Equivalencia valor Cualitativo - Cuantitativo	
inexistente	0
muros_contencion_a_una_cara	1
muros_pantalla	2
pantalla_micropilotes	3
pantalla_pilotes	4

Ciclos 10 y 12	Resultados Obra		Resultados CBR	
Caso muestra	Valor Cualitativo	Cuantitativo	Valor Cualitativo	Cuantitativo
04005ALT040	pantalla_micropilotes	3	pantalla_micropilotes	3
11008GAR004	muros_pantalla	2	muros_pantalla	2
23007EST000	pantalla_pilotes	4	muros_contencion_a_una_cara	1
08014SAG001	muros_pantalla	2	pantalla_micropilotes	3
03004VIN010	pantalla_micropilotes	3	muros_contencion_a_una_cara	1
12520AVM149	pantalla_pilotes	4	muros_pantalla	2

	<i>R. Obra</i>	<i>R. CBR</i>
Media	3	2
Varianza	0,8	0,8
Observaciones	6	6
Coeficiente de correlación de Pearson	-0,5	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	1,58	
P($T \leq t$) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	2,01	
P($T \leq t$) dos colas	0,17	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Valor crítico de t > Estadístico t (valor absoluto de la prueba) -> No existe diferencia significativa entre ambas muestras



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-
contenciones de edificios entre medianeras**

ANEXO 2. Funcionalidad Gesconda II

Tesis Doctoral

Autor:
David Huidobro Alberich

Director:
Dr. Lázaro Vicente Cremades Oliver

Departamento:
Proyectos de Ingeniería

Barcelona, noviembre 2015

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. BARRA DE MENÚ Y BARRA DE HERRAMIENTAS.....	4
2.1. File.	4
2.2. Data Management.	5
2.3. Feature Weighting.	6
2.3.1. Feature Weighting.	7
2.3.2. Customize Weights.....	8
2.4. Descriptive Statistics.	8
2.5. Graphics.	9
2.6. Clustering.	10
2.7. Rule Induction.	11
2.8. Decision Tree.	12
2.9. Predictive Statistics.....	13
2.10. CBR.....	14
2.11. RBRS.....	15
2.12. Help.....	15
3. VISTA DE VARIABLES DE LA BASE DE DATOS ACTIVA.....	17
4. ÁREA PRINCIPAL DONDE SE MUESTRAN LAS DIFERENTES VISTAS ORGANIZADAS EN PESTAÑAS.....	18
4.1. Data.....	18
4.2. Clases.	18
4.3. Rules.	19
4.4. Trees.	20
4.5. CBR.....	21
4.6. RBRS.....	22
4.7. Results.....	22

5. BARRA DE ESTADO.....	24
6. VALIDACIÓN DE GESCONDA II.....	25

1. Introducción

En este documento se describe la funcionalidad de Gesconda de una forma superficial. De hecho se podría decir que es más una pequeña guía que no un documento funcional. Los apartados de asignación de pesos (Feature weighting) y CBR, son los procesos que merecen más atención para la resolución del problema planteado en la presente tesis.

2. Barra de menús y barra de herramientas

2.1. File.

Para introducir datos al programa y extraer las soluciones en diferentes formatos como son xml, gcda, csv, txt, dam. Las opciones para el menú desplegable de file, son las siguientes:

- New
- Open Project
- Open CBR Project
- Open Data
- Save
- Save as
- Import Data
- Export Data
- Change Language
- Exit

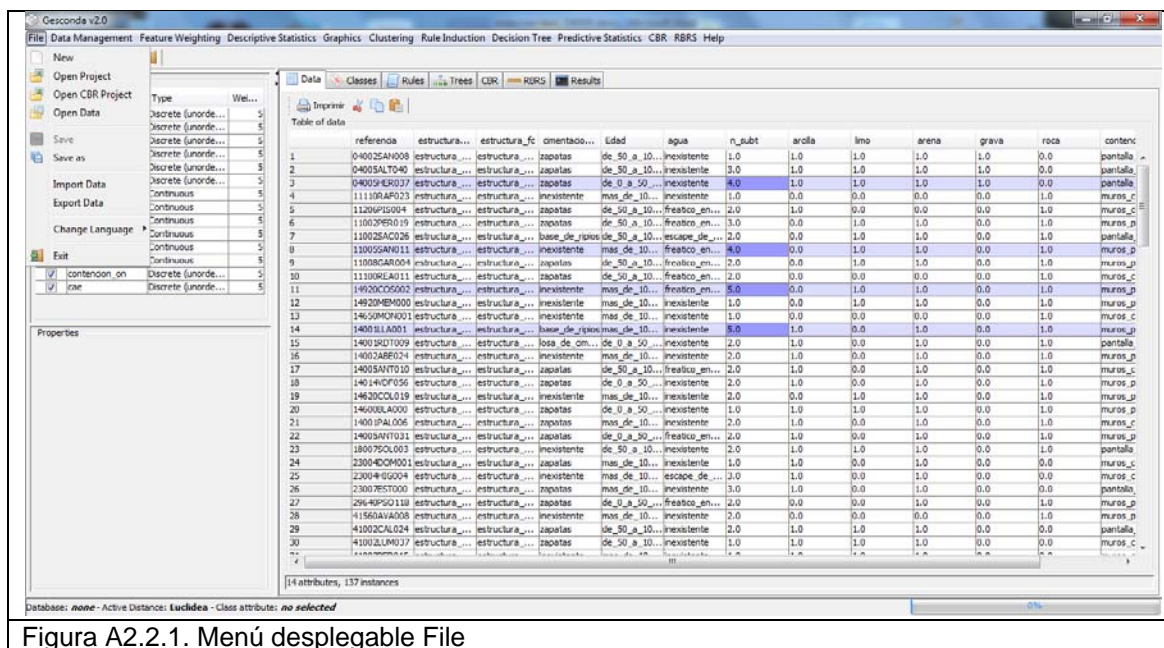
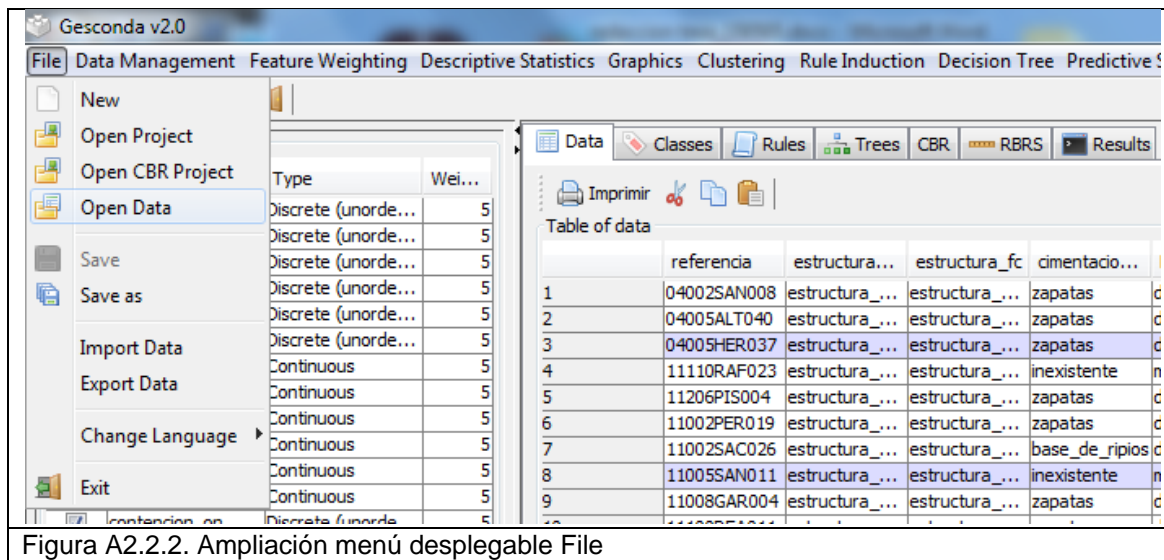


Figura A2.2.1. Menú desplegable File



2.2. Data Management.

- New Attribute
- Define Class
- Delete Attribute
- Delete Instance
- Discretize Attribute
- Attribute standardization
- Qualitative Labels
- Missing Replacement
- Outlier Management
- Active Distance
- Average Distance among Instances
- CBR Recommender
- CBR Recommender with Conceptual Knowledge
- Iris Retrieval
- Methods Recommender CBR-KB
- Show Script Generator

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

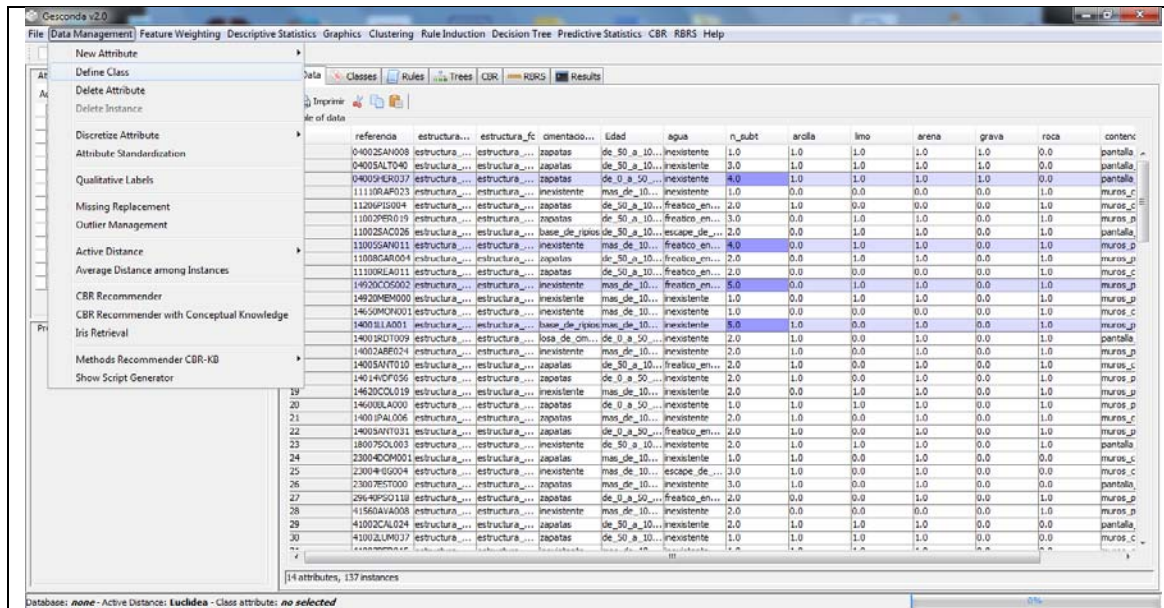


Figura A2.2.3. Menú desplegable Data Management

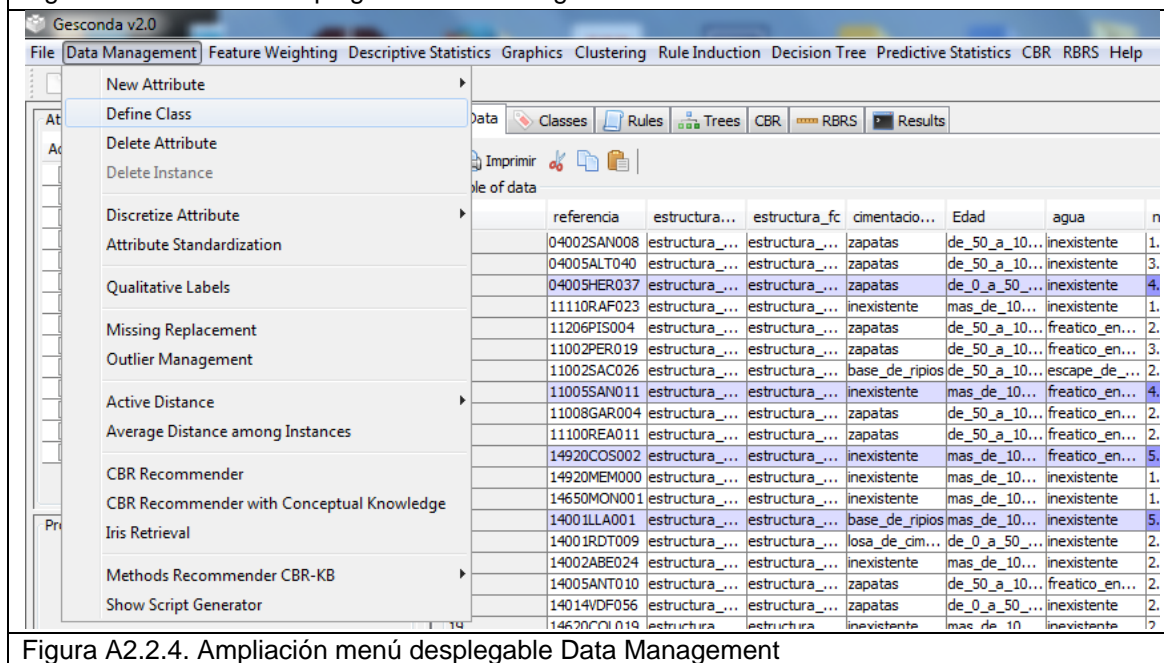


Figura A2.2.4. Ampliación menú desplegable Data Management

2.3.Feature Weighting.

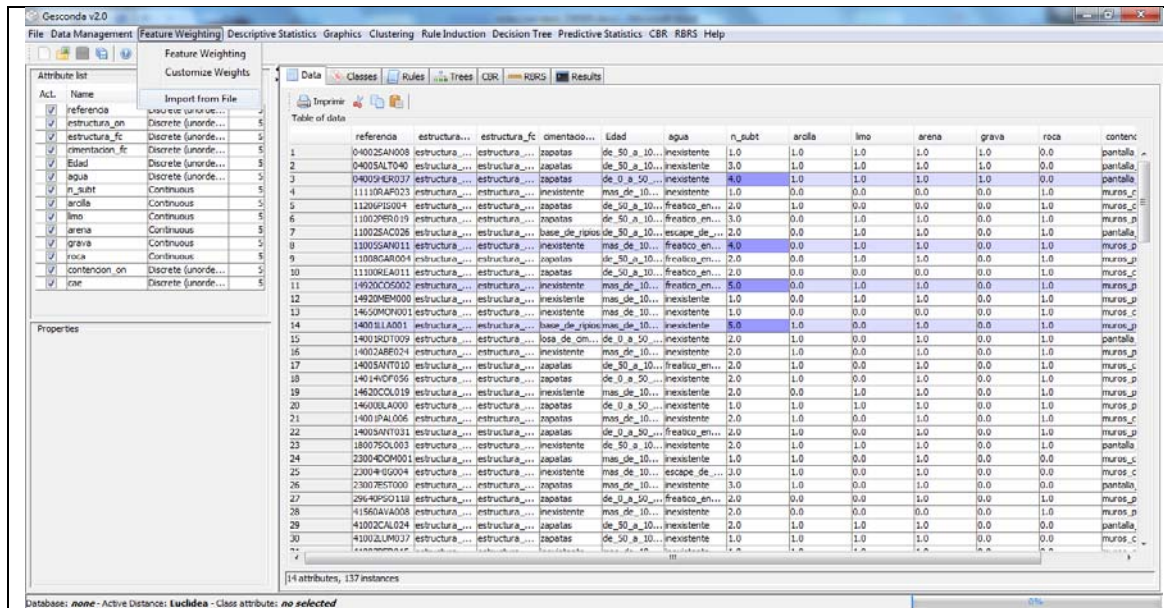


Figura A2 2.5. Menú desplegable Feature Weighting

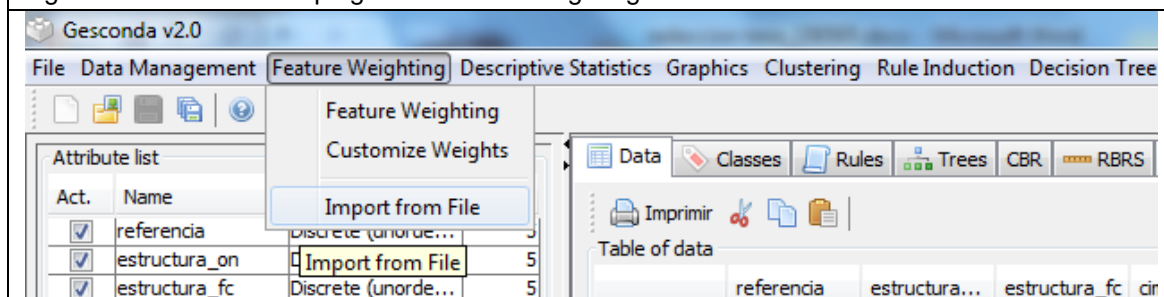


Figura A2 2.6. Ampliación menú desplegable Feature Weighting

2.3.1. Feature Weighting.

- GD (Gradient)
- UEB – 1 (Unsupervised Entropy Based 1)
- UEB – 2 (Unsupervised Entropy Based 2)
- Algorithm IG
- Algorithm CVD
- Algorithm PROJ
- Algorithm EBL

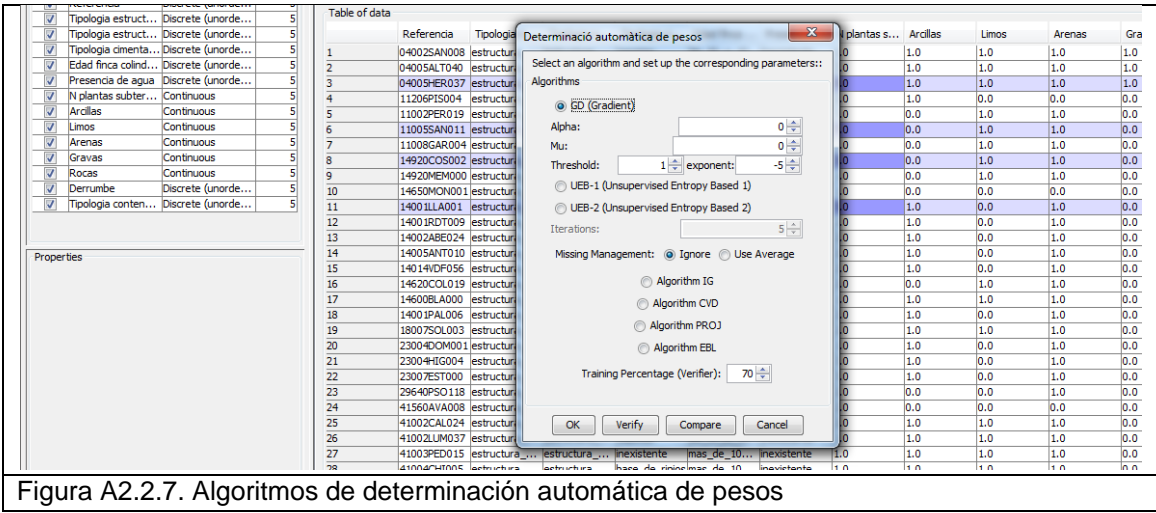


Figura A2.2.7. Algoritmos de determinación automática de pesos

2.3.2. Customize Weights

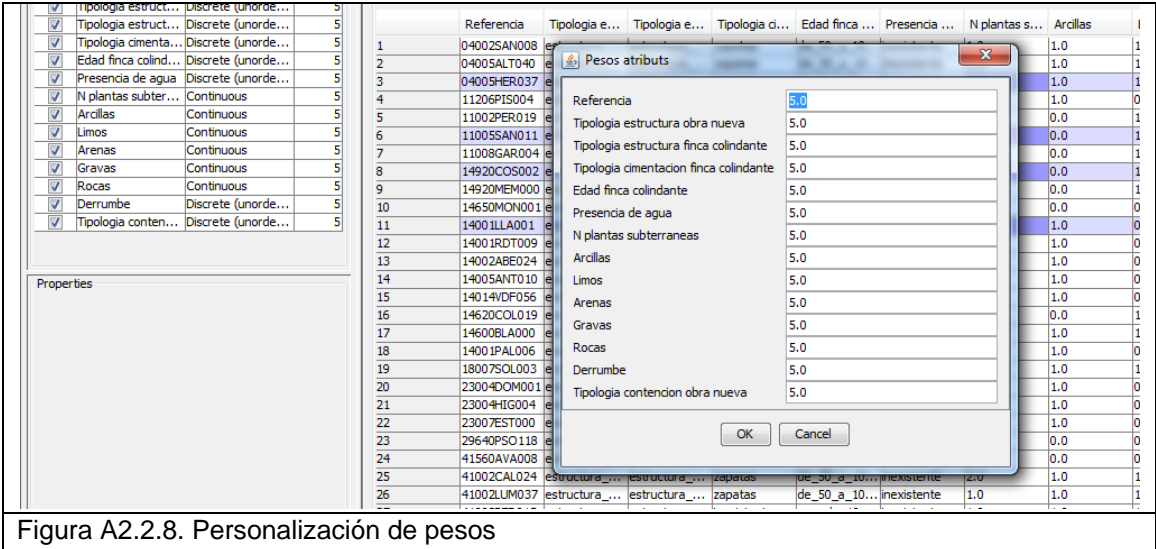


Figura A2.2.8. Personalización de pesos

2.4. Descriptive Statistics.

- Continuous Univariate
- Frequency Table (Categorical)
- Covariance/Correlation
- Cross Tables
- Descriptive by Groups

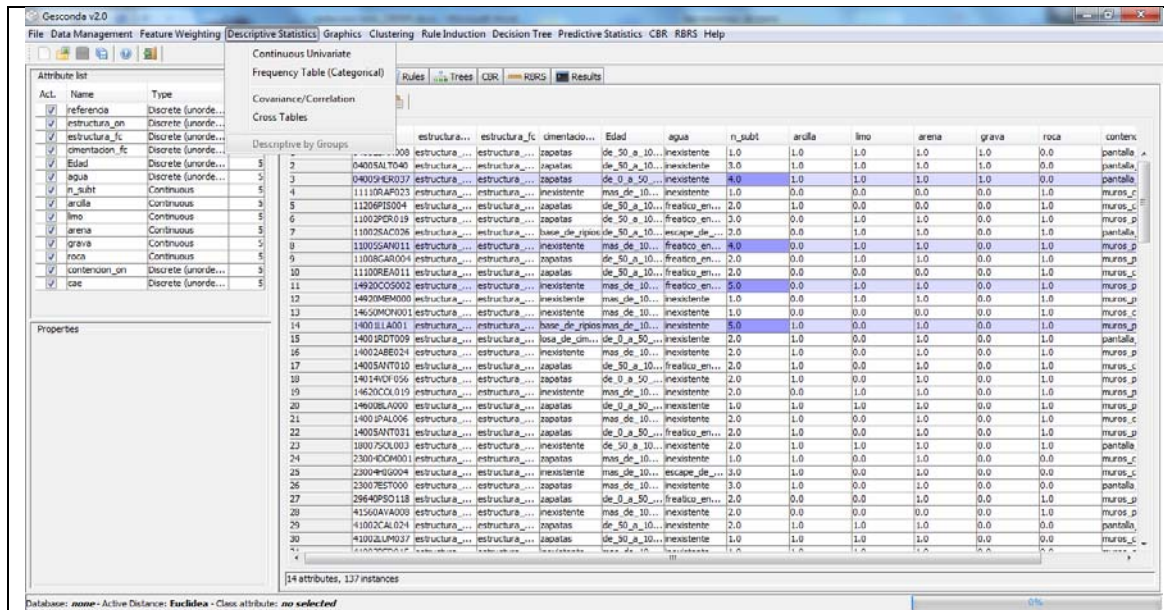


Figura A2.2.9. Menú desplegable Descriptive Statistics

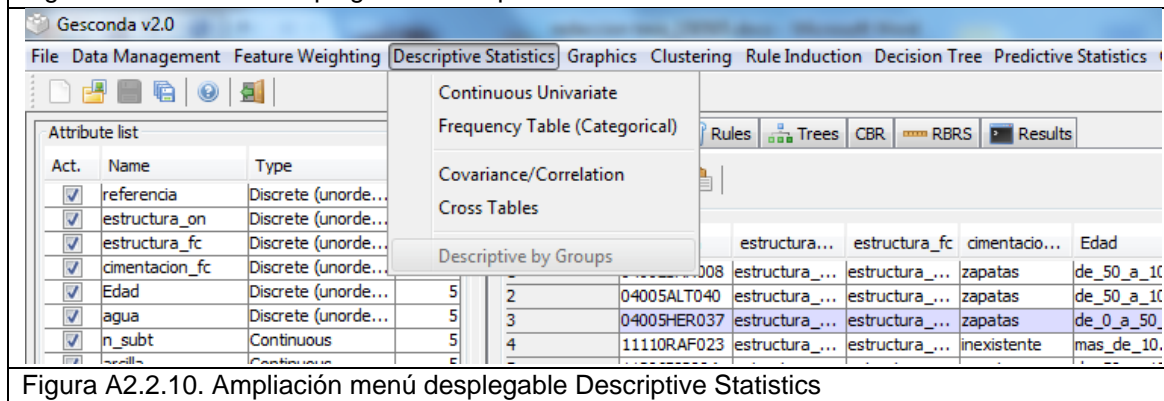


Figura A2.2.10. Ampliación menú desplegable Descriptive Statistics

2.5. Graphics.

- Bar Chart
- Histogram
- TS-Plot
- Bivariate Plot
- Letter Plot

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

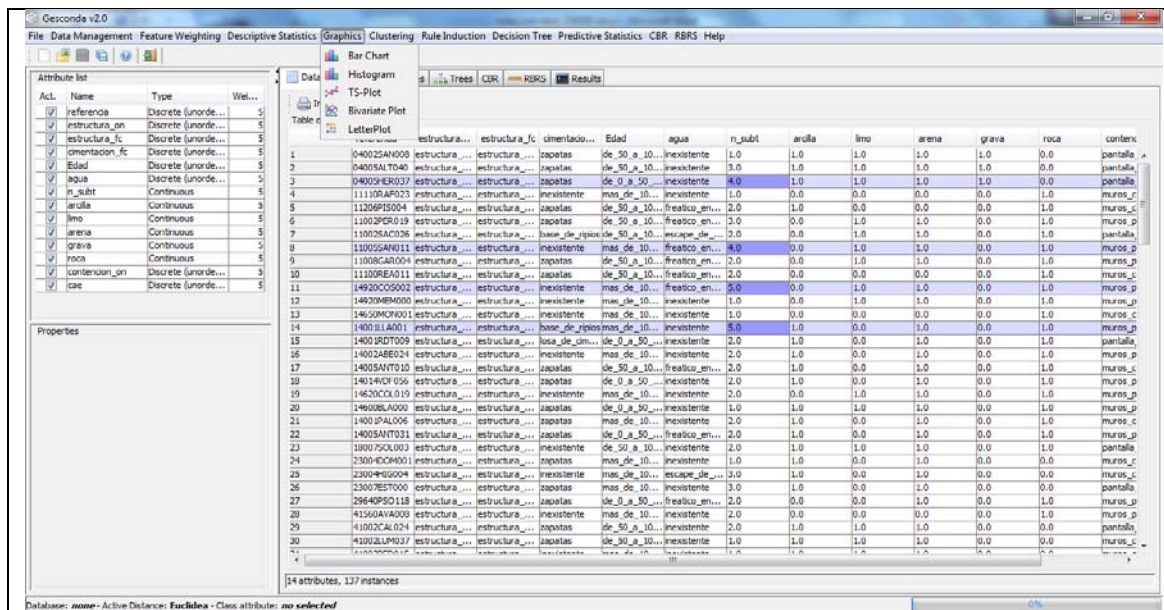


Figura A2.2.11. Menú desplegable Graphics

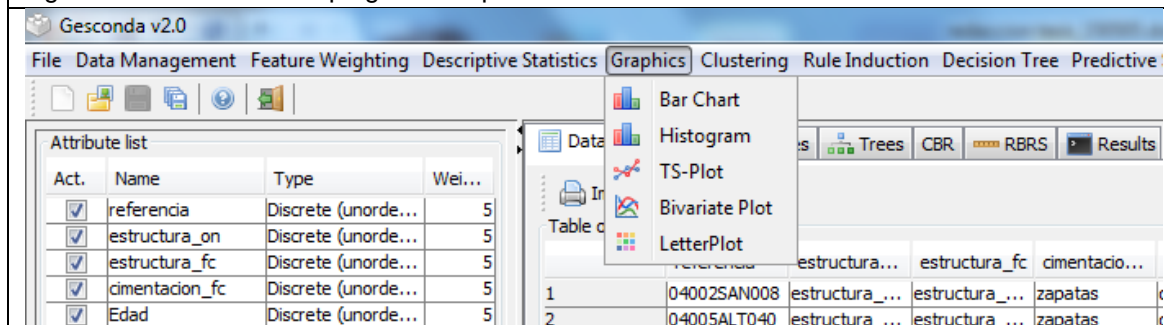


Figura A2.2.12. Ampliación menú desplegable Graphics

2.6. Clustering.

- K-Means
- Nearest-Neighbours
- Marata
- Isodata
- Cobweb/3
- Bagging
- Validations

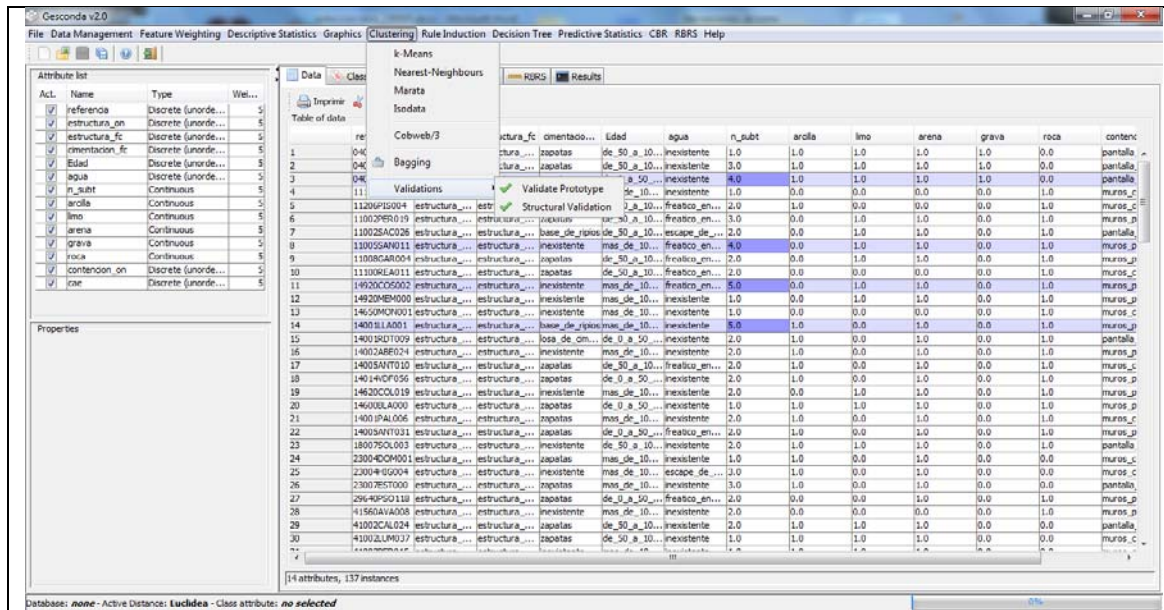


Figura A2.2.13. Menú desplegable Clustering

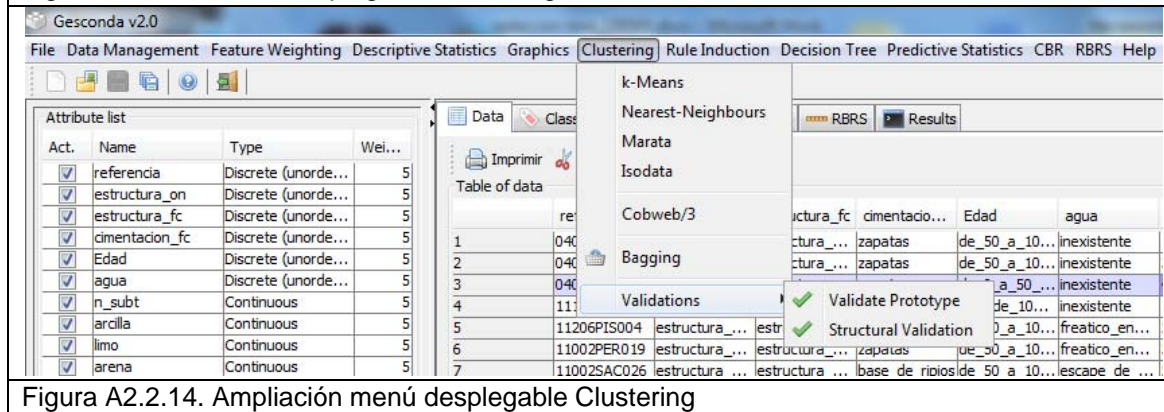


Figura A2.2.14. Ampliación menú desplegable Clustering

2.7. Rule Induction.

- Rules
- Prism
- CN2
- Rise
- Validations
- Import Rules
- Delete Rule
- Delete low precision Rules
- Apply Rules
- Export Rules

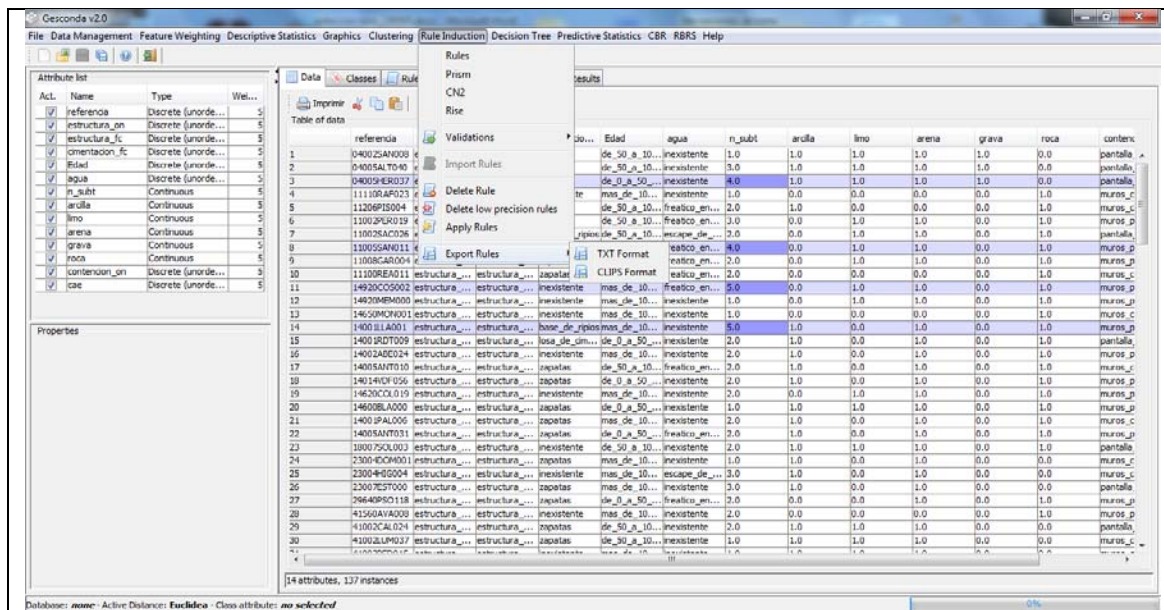


Figura A2.2.15. Menú desplegable Rule Induction

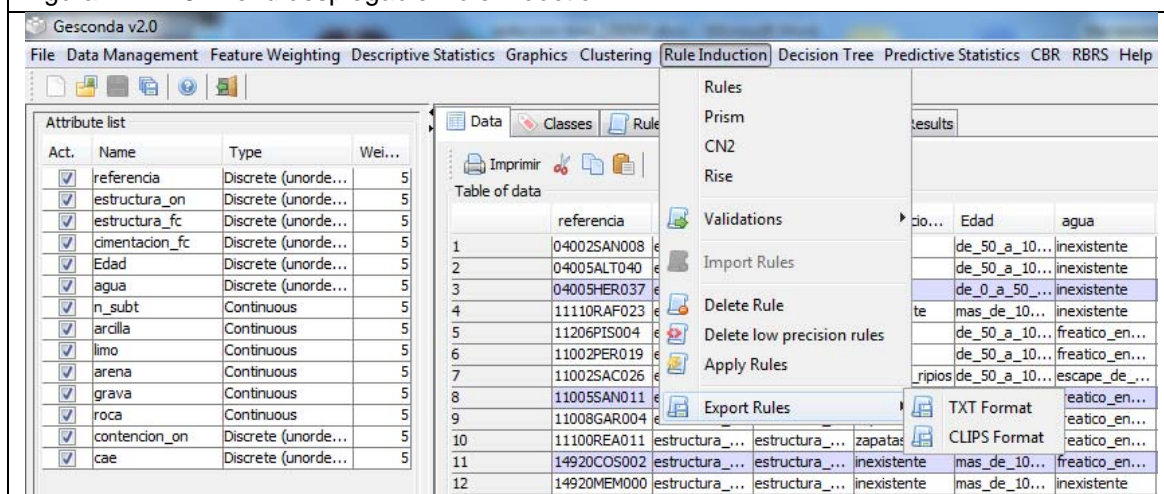


Figura A2.2.16. Ampliación menú desplegable Rule Induction

2.8. Decision Tree.

- Generate Tree
- Prune Tree
- Validate Tree with separated Data
- Generate Rules
- Run Tree

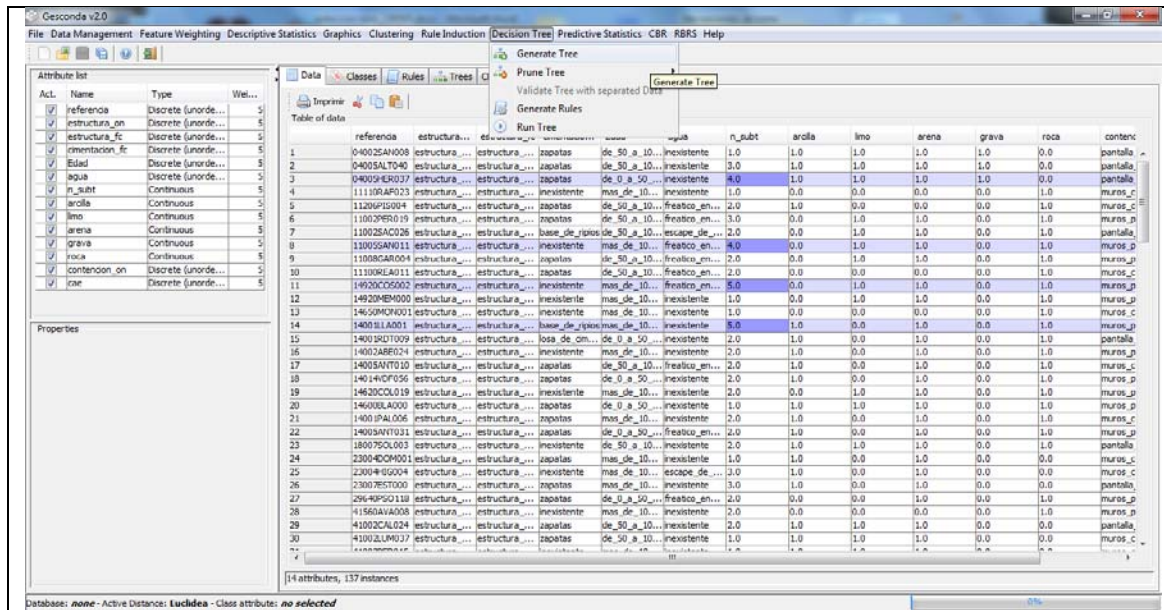


Figura A2.2.17. Menú desplegable Decision Tree

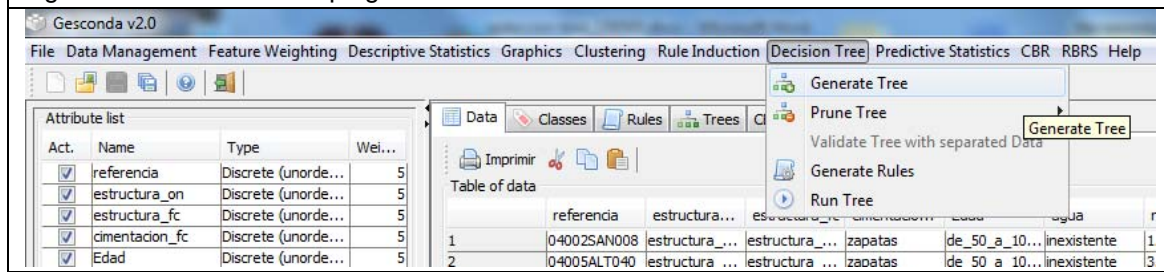


Figura A2.2.18. Ampliación menú desplegable Decision Tree

2.9. Predictive Statistics.

- Linear Regression
- Variance Analysis

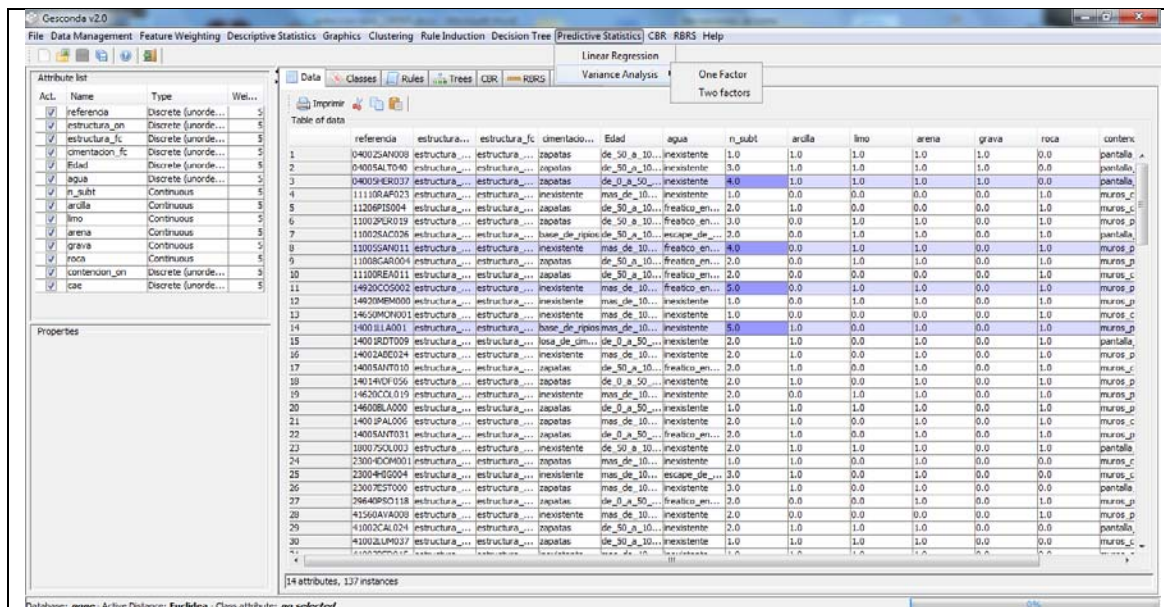


Figura A2.2.19. Menú desplegable Predictive Statistics

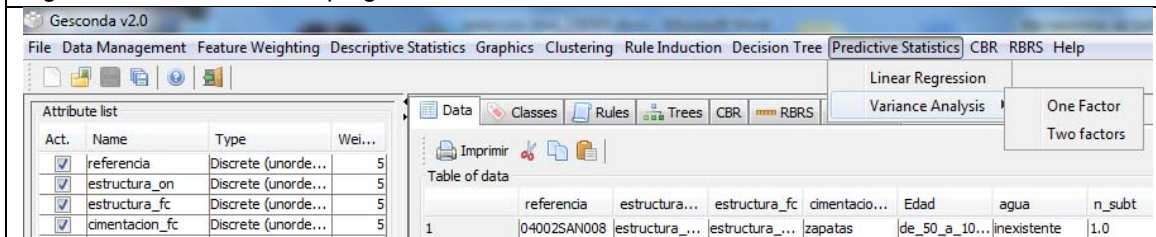


Figura A2.2.20. Ampliación menú desplegable Predictive Statistics

2.10. CBR.

- Define Case Structure
- Define Case Base Structure
- CBR Cycle
- Battery
- Retrieve
- Adapt
- Evaluate
- Learn

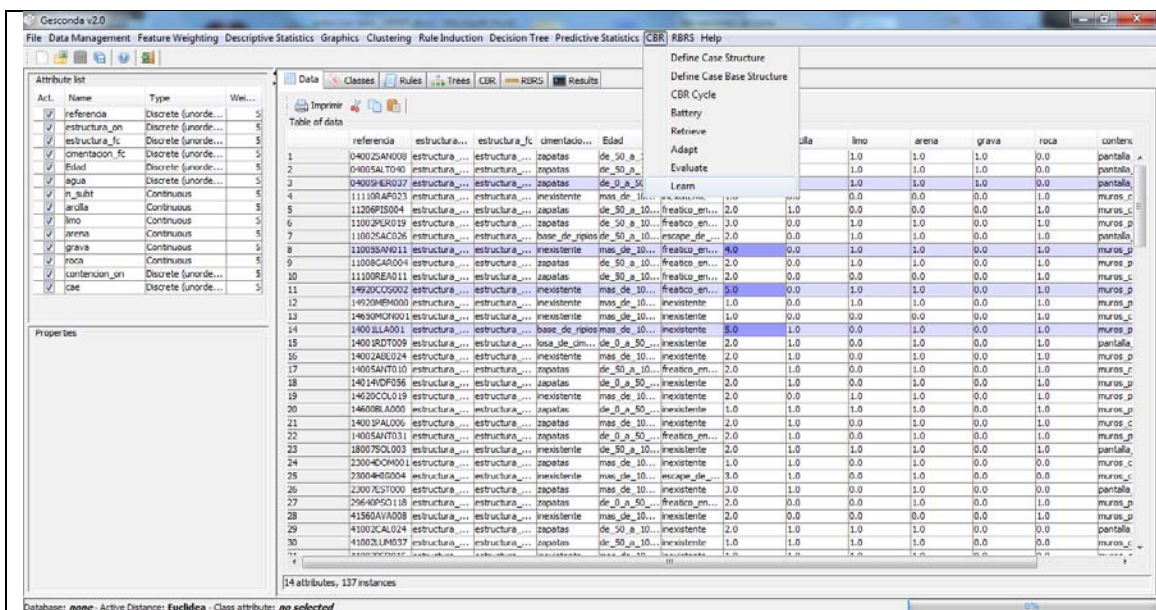


Figura A2.2.21. Menú desplegable CBR

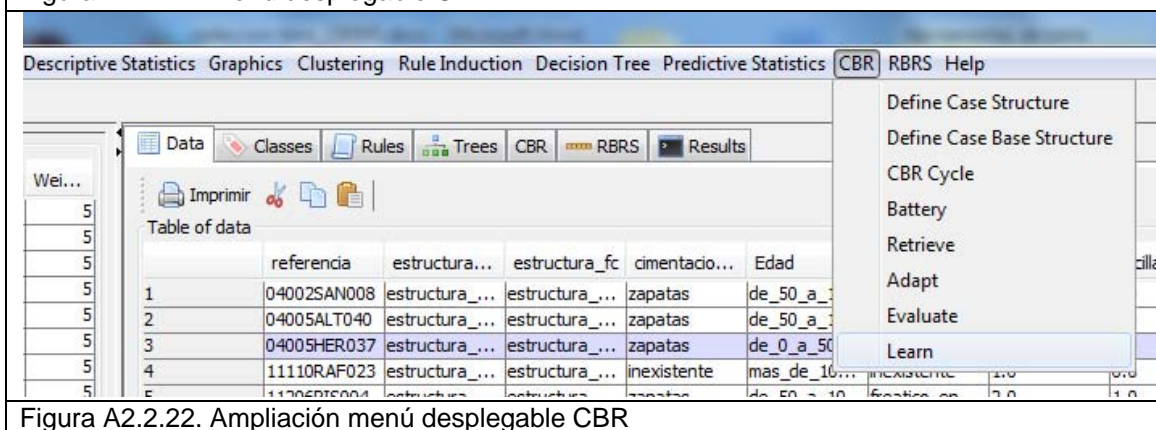


Figura A2.2.22. Ampliación menú desplegable CBR

2.11. RBRS.

- New
- Inference Engine
- Running Options
- Inference Engine Config
- Run
- Gesconda Data -> Batch
- Save Project
- Open Project
- Import

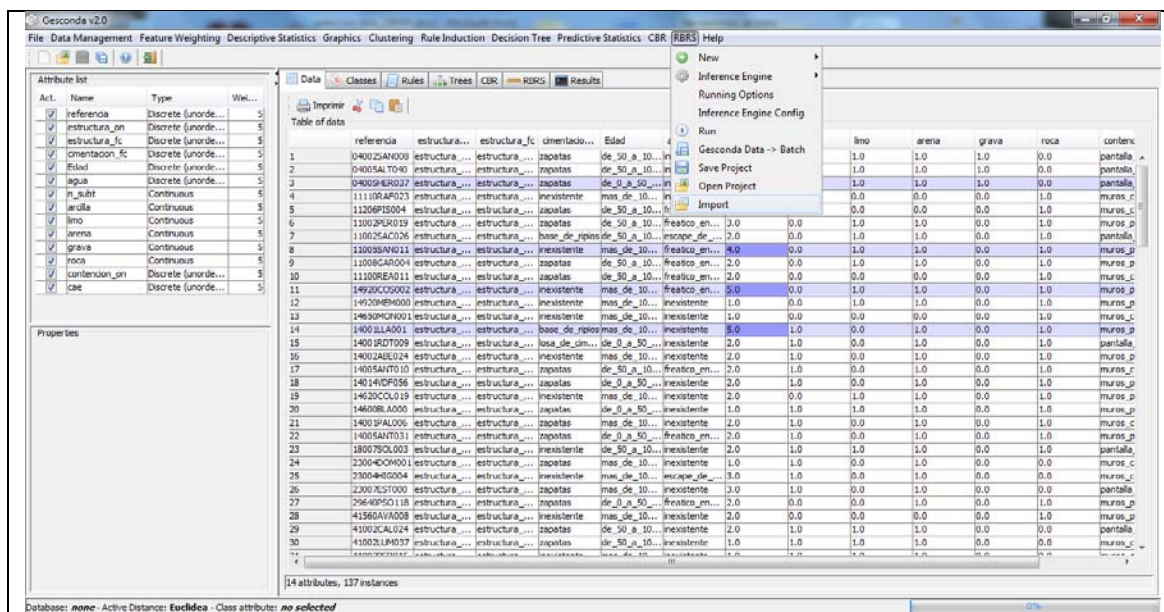


Figura A2.2.23. Menú desplegable RBRS

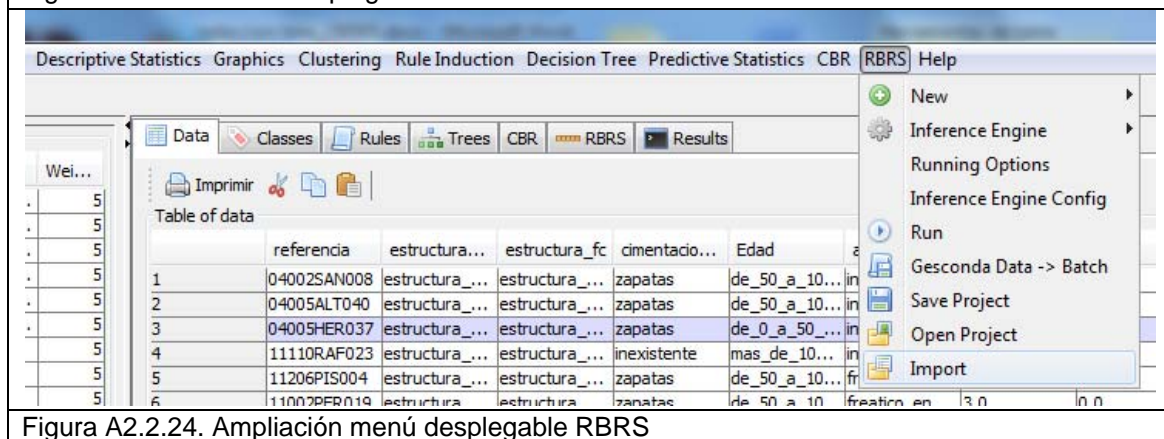


Figura A2.2.24. Ampliación menú desplegable RBRS

2.12. Help.

- Contents
- About...

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

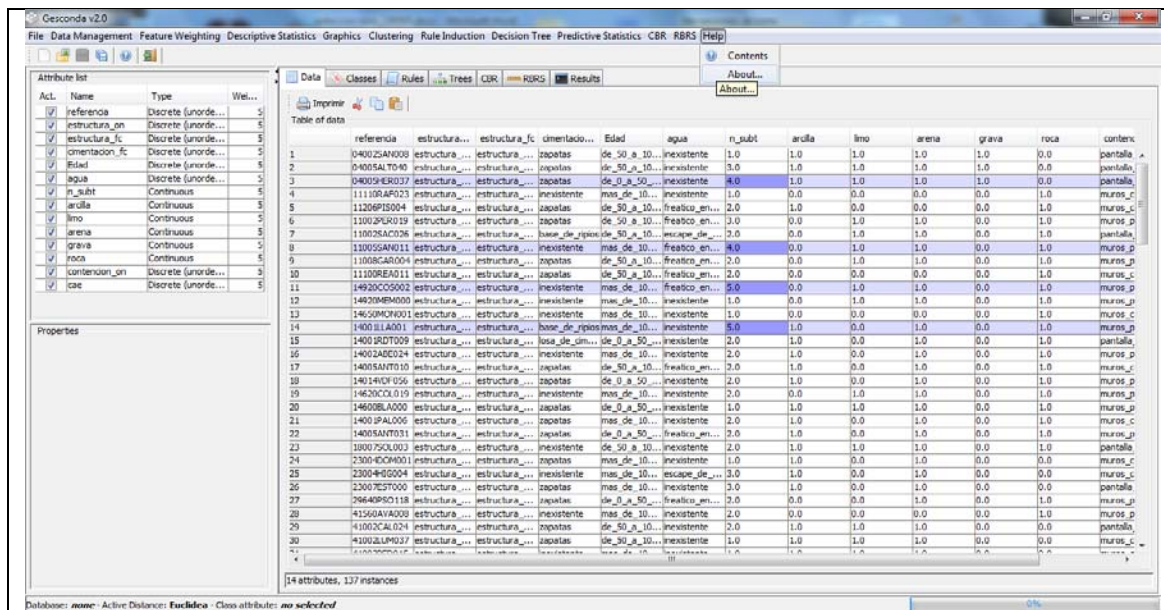


Figura A2.2.25. Menú desplegable Help

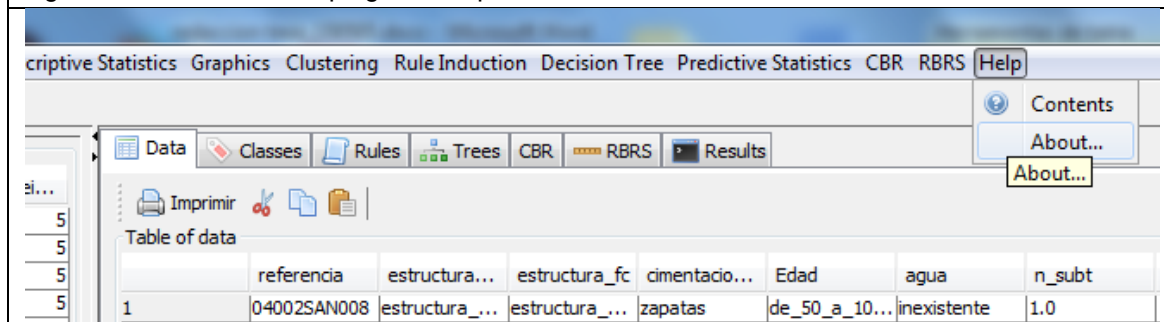


Figura A2.2.26. Ampliación menú desplegable Help

3. Vista de variables de la base de datos activa.

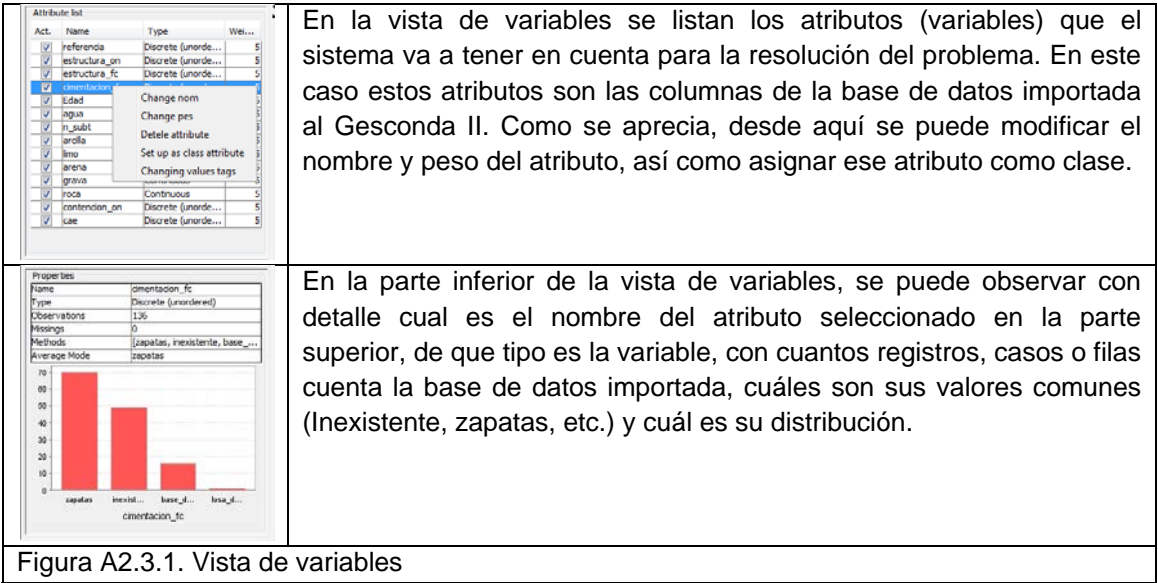


Figura A2.3.1. Vista de variables

4. Área principal donde se muestran las diferentes vistas organizadas en pestañas.

4.1. Data.

La vista de datos ofrece en todo momento los valores de las instancias y atributos activos de la base de datos con la que se está trabajando.

Ofrece, en la parte superior izquierda de la tabla, una barra de herramientas para imprimir la matriz de datos y las opciones habituales para su edición (cortar, copiar y pegar).

La tabla muestra en diferentes colores las características de los valores mostrados:

- En color rojo se destaca el atributo *classe* de la base de datos.
- Los atributos que contienen valores *missing* se muestran en color amarillo claro, la celda con el valor *missing* en concreto es de color amarillo más oscuro y texto en rojo.
- Las instancias que contienen valores *outlier* se marcan en color azul claro y en azul oscuro el valor *outlier* en concreto, se diferencia el *outlier* extremo del resto porque este está en negrita.

Se pueden editar los valores directamente en la tabla, así como copiar y pegar desde otras aplicaciones, como por ejemplo MS Excel. El usuario también puede reordenar las columnas que se muestran en función de sus preferencias.

En la parte inferior de la vista se muestra una pequeña barra de estado con el número de atributos y número de instancias que contiene la base de datos.

	mcv	alkphos	sgpt	sgot	gammagt	drinks	Classe	sgot_discret
1	85.0	92.0	45.0	27.0	31.0	0.0	classe1	17,8<sgot≤30,7
2	85.0	64.0	59.0	32.0	23.0	0.0	classe1	30,7<sgot≤43,5
3	86.0	54.0	33.0	16.0	54.0	0.0	classe1	5,0≤sgot≤17,8
4	91.0	78.0	34.0	24.0	36.0	0.0	classe1	17,8<sgot≤30,7
5	87.0	70.0	12.0	28.0	10.0	0.0	classe1	17,8<sgot≤30,7
6	98.0	55.0	?	17.0	17.0	0.0	classe1	5,0≤sgot≤17,8
7	88.0	62.0	20.0	17.0	9.0	0.5	classe1	5,0≤sgot≤17,8
8	88.0	67.0	21.0	11.0	11.0	0.5	classe1	5,0≤sgot≤17,8
9	92.0	54.0	22.0	20.0	7.0	0.5	classe1	17,8<sgot≤30,7
10	90.0	60.0	25.0	19.0	5.0	0.5	classe1	17,8<sgot≤30,7
11	89.0	52.0	13.0	24.0	15.0	0.5	classe1	17,8<sgot≤30,7
12	82.0	62.0	17.0	17.0	15.0	0.5	classe1	5,0≤sgot≤17,8
13	90.0	64.0	61.0	32.0	13.0	0.5	classe1	30,7<sgot≤43,5
14	86.0	77.0	25.0	19.0	18.0	0.5	classe1	17,8<sgot≤30,7
15	96.0	67.0	29.0	20.0	11.0	0.5	classe2	17,8<sgot≤30,7
16	91.0	78.0	20.0	31.0	18.0	0.5	classe2	30,7<sgot≤43,5

8 Atributos, 345 Instancias

Figura A2.4.1. Vista de datos

4.2. Clases.

La vista de clases permite ver los prototipos que presentan los valores de una variable discreta, y las instancias que se asocian a cada prototipo.

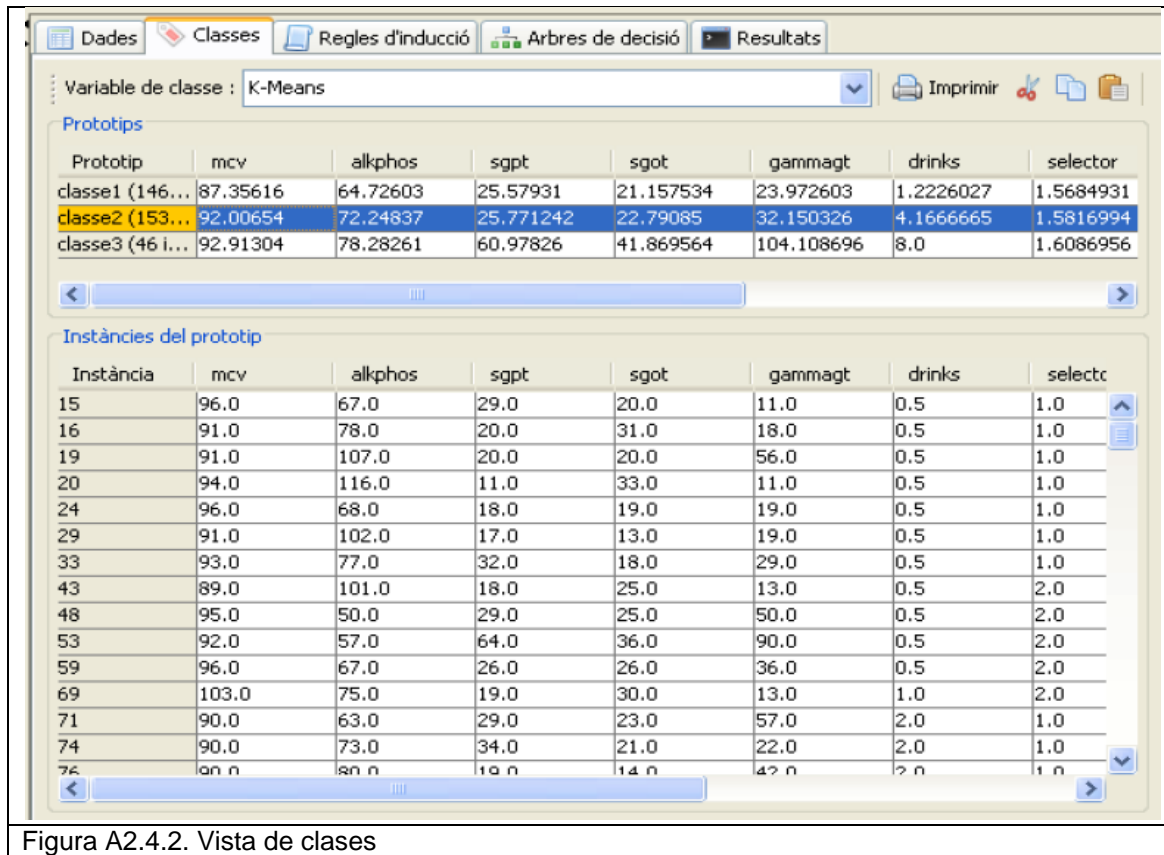


Figura A2.4.2. Vista de clases

4.3. Rules.

La lista de reglas permite ver los resultados de los algoritmos de inducción. El combo que aparece en la parte superior incorpora las ejecuciones de estos algoritmos, y al seleccionar uno de ellos se muestran en la tabla las reglas generadas. Si seleccionamos una regla aparecen en la tabla inferior la lista de instancias cubiertas por esta regla

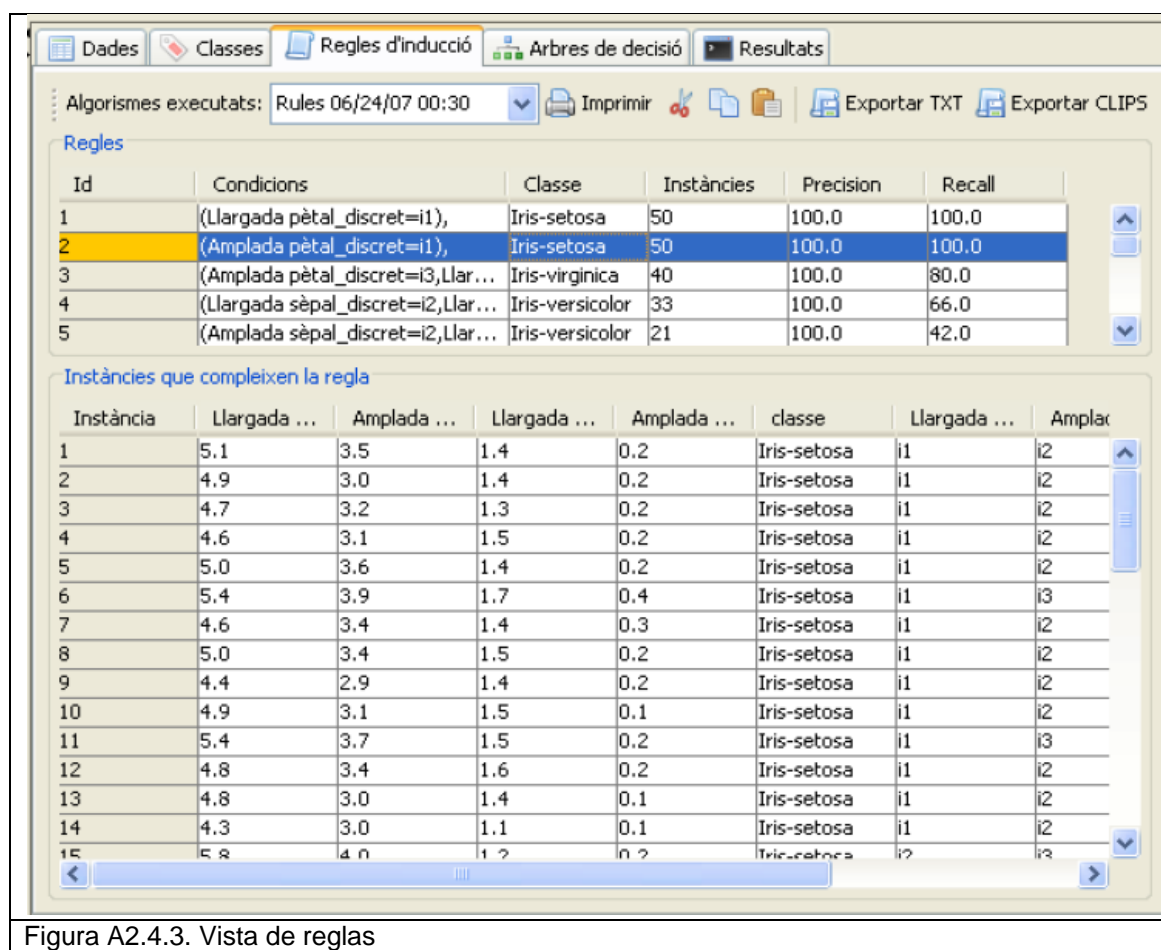


Figura A2.4.3. Vista de reglas

4.4. Trees.

La vista de arboles de decisión muestra una representación gráfica de los arboles generados por la aplicación. Permite, desde la barra de herramientas, generar reglas a partir del árbol, o bien ejecutar acciones de post-running sobre el árbol seleccionado.

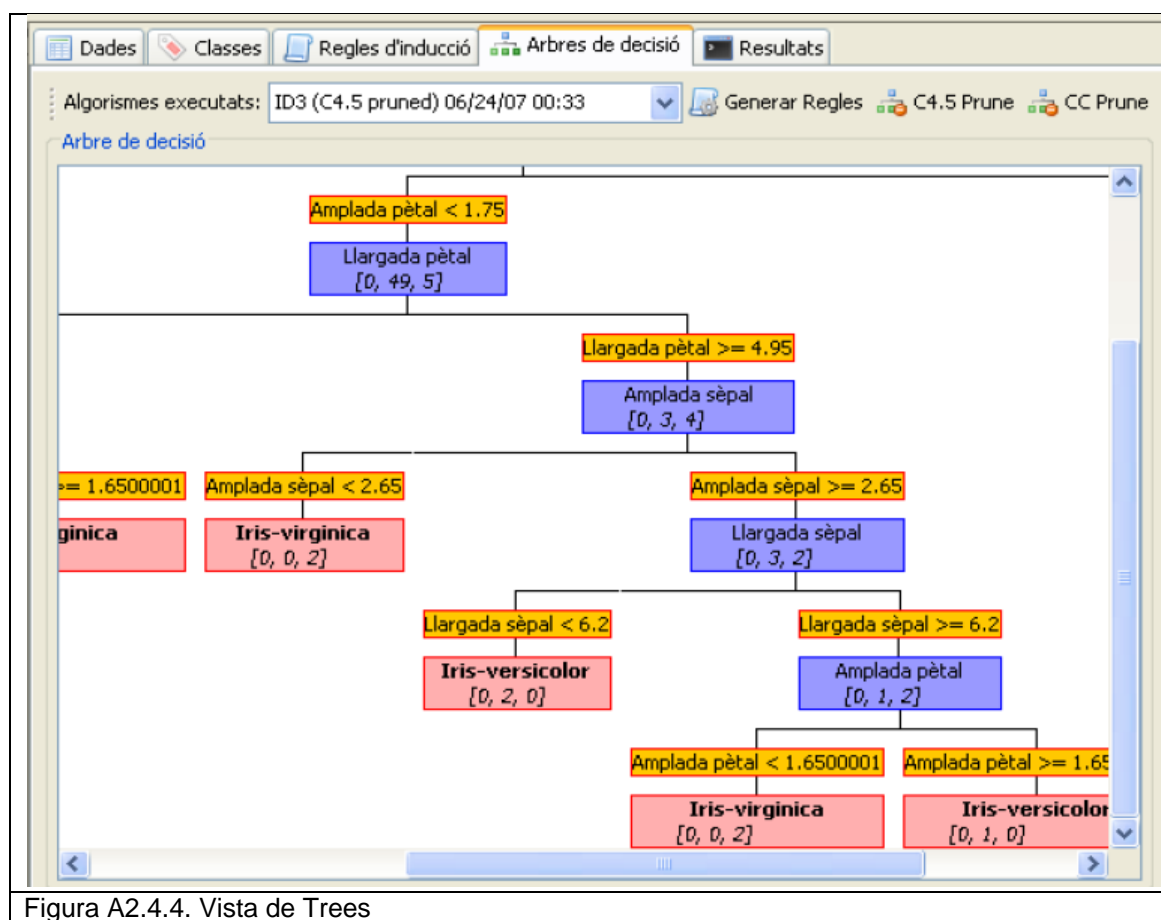


Figura A2.4.4. Vista de Trees

4.5. CBR.

current case

	Tipologia e...	Tipologia e...	Tipologia d...	Edad finca ...	Presencia ...	N plantas s...	Arcillas	Limos
ssde45678	estructura...	estructura...	inexistente	de_0_a_50...	freatico_en...	2.0	1.0	1.0

RetrievedCases

Select	Distance	Tipologia ...	Tipologia ...	Tipologia ...	Edad finc...	Presencia...	N plantas...	Arcilla:
<input type="checkbox"/>	0.447	12520AVM...	estructura...	estructura...	zapatas	de_0_a_5...	freatico_e...	2.0 0.0
<input type="checkbox"/>	0.516	14001RDT...	estructura...	estructura...	losa_de_ci...	de_0_a_5...	inexistente	2.0 1.0
<input type="checkbox"/>	0.516	14014VDF...	estructura...	estructura...	zapatas	de_0_a_5...	inexistente	2.0 1.0
<input type="checkbox"/>	0.516	14600BLA...	estructura...	estructura...	zapatas	de_0_a_5...	inexistente	1.0 1.0
<input type="checkbox"/>	0.516	18007SOL...	estructura...	estructura...	inexistente	de_50_a_...	inexistente	2.0 1.0
<input type="checkbox"/>	0.516	29640PSO...	estructura...	estructura...	zapatas	de_0_a_5...	freatico_e...	2.0 0.0
<input type="checkbox"/>	0.516	08242DOC...	estructura...	estructura...	zapatas	de_0_a_5...	freatico_e...	2.0 1.0

Properties

Dialog Box Options:

- ☐ Null
- ☐ Mean/Mode
- ☐ Weighted Mean
- ☐ Custom formula

OK Cancel

Figura A2.4.5. Vista de CBR

4.6. RBRS.

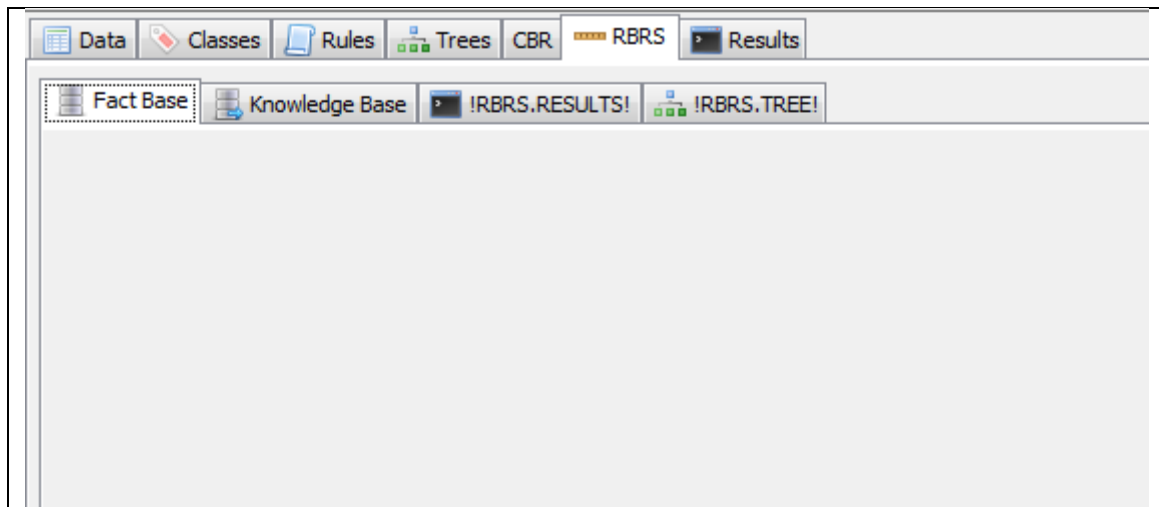


Figura A2.4.6. Vista de RBRS

4.7. Results.

La vista de resultados muestra en modo texto los resultados obtenidos para algoritmos que no ofrecen representación visual. Pueden ser impresos, exportados a un fichero o copiados al porta papeles del sistema para pegarlos en otra aplicación.

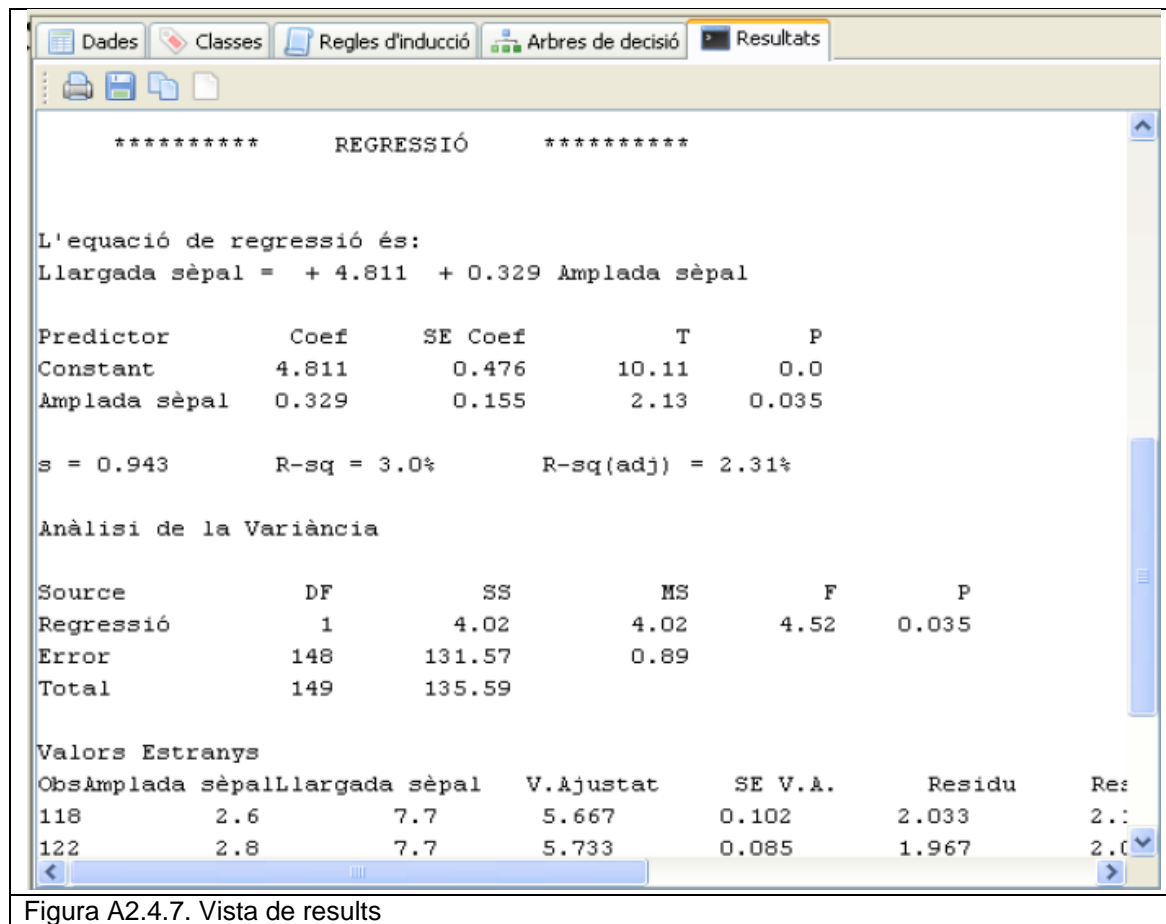


Figura A2.4.7. Vista de results

5. Barra de estado

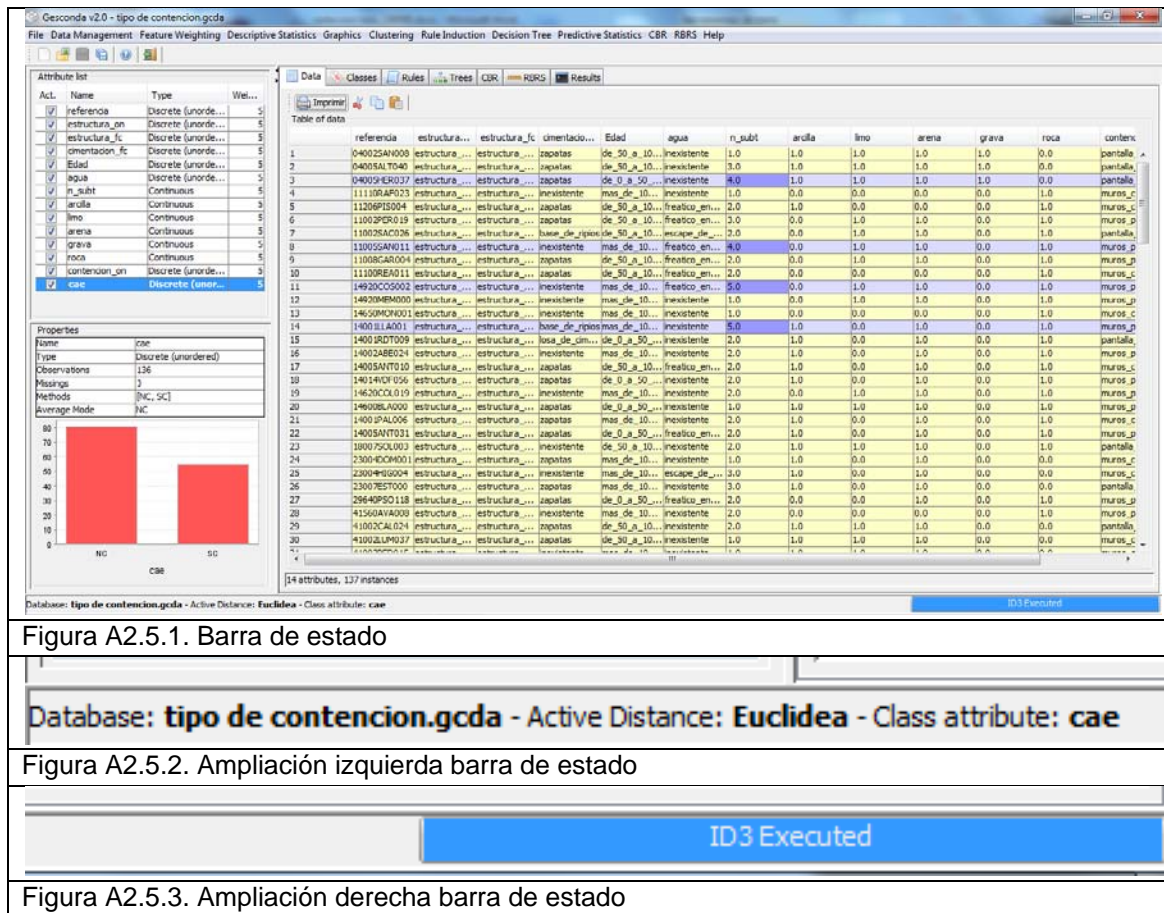


Figura A2.5.1. Barra de estado

Database: tipo de contencion.gcd - Active Distance: Euclidean - Class attribute: cae

Figura A2.5.2. Ampliación izquierda barra de estado

ID3 Executed

Figura A2.5.3. Ampliación derecha barra de estado

6. Validación de Gesconda II

Los desarrolladores de Gesconda II han realizado pruebas unitarias de cada una de las funcionalidades con las que cuenta el programa y pruebas de integración sobre el conjunto de la aplicación.

No es objeto de esta tesis ni está dentro del alcance de la misma el demostrar la validez de esta herramienta, aunque si se realizan varias pruebas repartidas en diversas series con el fin de garantizar que el programa funciona correctamente para la resolución del problema que a esta tesis ocupa. También se dan las referencias necesarias para que el lector pueda comprobar que la aplicación ha sido sometida a una fase de pruebas y que durante la misma, los resultados han sido satisfactorios.

Las pruebas han sido recogidas en los documentos:

- Olm E. (2007). Gesconda II: Integració de components, redisseny, reimplementació i ampliació de funcionalitat. Proyecto de Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Sevilla B. (2009). Desing and Development of a Cased-Based Reasoning Shell integrated in an Intelligent Data Analysis Tool. Proyecto de Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-
contenciones de edificios entre medianeras**

ANEXO 3. Plan de pruebas funcionales CBR y t de Student

Tesis Doctoral

Autor:

David Huidobro Alberich

Director:

Dr. Lázaro Vicente Cremades Oliver

Departamento:

Proyectos de Ingeniería

Barcelona, noviembre 2015

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. SERIE 1.....	4
3. SERIE 2.....	5
3.1. Trazabilidad de las variantes de prueba.....	5
3.2. Definición de las variantes de prueba	5
3.3. Definición de los casos de prueba.....	6
3.4. Estrategia de ejecución de pruebas	6
3.5. Ejecución de pruebas	7
3.5.1. Pruebas para el caso “11110RAF023, CICLO1, muros contención a una cara”	7
4. SERIE 3.....	14
5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.....	15
5.1. Resultado de la pruebas serie 2.....	15
5.2. Resultado de la pruebas serie 3.....	16

1. Introducción

El objetivo de este documento es:

- Por un lado recoger las variantes de pruebas que verifican que el sistema satisface los requisitos especificados. Deberá contener la definición de las variantes de prueba, la matriz de trazabilidad entre variantes de pruebas y requisitos, y la estrategia a seguir en la ejecución de las pruebas.
- Por otro establecer las diferentes opciones de evaluación para la obtención de los posibles resultados a analizar.

Por eso se realizan tres series de pruebas. Una primera serie de pruebas de chequeo para comprobar que las opciones que ofrece el programa funcionan correctamente para la base de casos a analizar. Una segunda serie de pruebas, los resultados de las cuáles se valorarán y analizan para la resolución del problema planteado. Una tercera serie en la que se analizan específicamente los grupos de casos, los resultados de los cuáles no han sido lo suficientemente satisfactorios en el análisis conjunto de la serie 2.

Las Tablas que aparecen en este Anexo 2 están incluidas a tamaño original en el Anexo 1.

Ya que Gesconda II cuenta con diversas herramientas que no van a ser utilizadas para la resolución del problema, se realiza un árbol con, estrictamente, las ramas que se van a seguir (Figura A3.1.1)

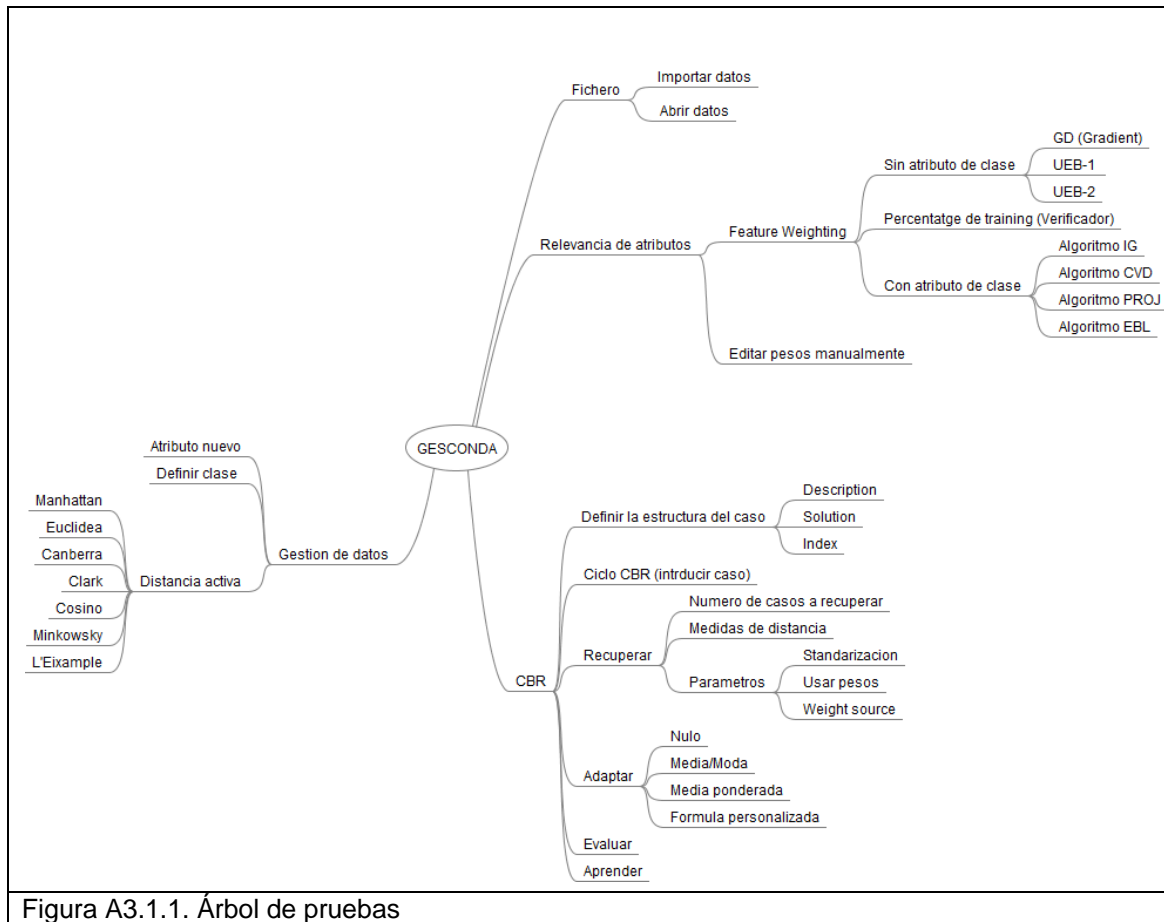


Figura A3.1.1. Árbol de pruebas

2. Serie 1

Esta serie 1 está compuesta de 6 ciclos de carácter general. En esta serie se ha comprobado el aspecto de las pantallas, lectura de los campos, introducción de valores de variables y funcionamiento general del programa, sin comprobación ni registro de los resultados obtenidos.

3. Serie 2

Esta segunda fase de pruebas se realiza de una forma diferente a la serie anterior. En esta serie la BCC está formada por aproximadamente el 90 % de la BCC anterior. Esto se debe a que el autor se reserva inicialmente 14 casos (casos de prueba extraídos de la BCC inicial) para poder comprobar que el sistema experto entrega resultados correctos. Estos 14 casos se introducen unos a uno, como si cada uno de ellos fuera un nuevo caso, y se evalúa como si no se conociera su resultado en obra, para cada uno de los 12 ciclos. Una vez obtenidos los resultados desde el sistema experto, se comparan con los resultados de obra, viendo como de acertado ha estado el sistema. Esta comparación se completa con la prueba t de Student.

3.1. Trazabilidad de las variantes de prueba

En este apartado se completa la matriz siguiente, en la cual se indica la correspondencia entre las variantes de pruebas definidas y los requerimientos funcionales. Las filas representan cada una de las variantes de prueba definidas y las columnas los requerimientos funcionales. Si una variante de prueba se encarga de verificar un requerimiento, se señala con una X la casilla correspondiente (Tabla 7.4). Esta tabla sirve para la realización de las series 2 y 3.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
		Variante de pruebas en las series 2 y 3													
		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14
1															
2															
3	Introducir casos desde "Import Data"	x													
4	Introducir casos desde "Open Data"		x												
5	Asignar pesos desde "UEB-1"			x											
6	Definir Atributo-Clase				x										
7	Asignar pesos desde "IG"					x									
8	Asignar pesos manualmente						x								
9	Definir estructura CBR desde "Define case structure"							x							
10	Introducir valores a los atributos del nuevo caso "CBR Cycle"								x						
11	Recuperar casos similares de BCC desde "Euclidean"									x					
12	Recuperar casos similares de BCC desde "Minkowski"										x				
13	Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Mean/Mode"											x			
14	Adaptar el nuevo caso a los similares desde "Weighted Mean"												x		
15	Evaluar el nuevo caso desde "Evaluate"													x	
16	Aprendizaje del nuevo caso por BCC desde "Learn"														x
17	* BCC = Base de casos														

Tabla 7.4. Trazabilidad de las variantes de prueba de las series 2 y 3.

3.2. Definición de las variantes de prueba

En este apartado se describen en detalle cada una de las variantes de prueba que se han identificado como necesarias para verificar la funcionalidad completa del sistema. Se realiza una Tabla donde se muestran las variantes de prueba, su descripción, los prerequisites o variantes anteriores que deben haberse ejecutado anteriormente y los pasos a realizar en cada una de las variantes para su ejecución completa (Tabla 7.3).

	A	B	C	D
1			Definición de las variantes de prueba en la serie 2 y 3	
2	Nº	Nombre de la variante de prueba	Descripción	Prerrequisitos
3	VP1	Prueba de carga de base de casos con Import	Importación de base de casos excel a CBR desde "Import Data"	BCC en formato "csv" File
4	VP2	Prueba de carga de base de casos con Abrir	Carga de base de casos excel a CBR desde "Open Data"	BCC en formato "csv" File
5	VP3	Prueba asignar pesos a atributos con UEB-1	Asignación de pesos con algoritmo UEB-1 desde "Feature Weighting"	Import Data Fea
6	VP4	Prueba definir Atributo-Clase	Definición de Atributo-Clase para utilización de algoritmos: IG, CVD, PROJ, EBL	Import Data Data
7	VP5	Prueba asignar pesos a atributos con IG	Asignación de pesos con algoritmo IG desde "Feature Weighting"	Atributo-Clase Fea
8	VP6	Prueba asignar pesos a atributos manualmente	Asignación manual de pesos desde "Feature Weighting"	Atributo-Clase Fea
9	VP7	Prueba definir estructura CBR	Definición de estructura de CBR desde "Define case structure"	Import Data CBF
10	VP8	Prueba CBR Cycle	Introducción de los valores de los atributos creando nuevo caso desde "CBR Cycle"	Define Case Structure Asig
11	VP9	Prueba Recuperar casos similares con Euclidea	Recuperación de casos similares de BCC mediante distancia Euclidea desde "Retrieve"	CBR Cycle Nun
12	VP10	Prueba Recuperar casos similares con Minkowski	Recuperación de casos similares de BCC mediante distancia Minkowski desde "Retrieve"	CBR Cycle Nun
13	VP11	Prueba Adaptar el nuevo caso con Mean/Mode	Adaptación del nuevo caso a BCC mediante algoritmo Mean/Mode desde "Adapt"	Retrieve Sele
14	VP12	Prueba Adaptar el nuevo caso con Weighted Mean	Adaptación del nuevo caso a BCC mediante algoritmo Weighted Mean desde "Adapt"	Retrieve Sele
15	VP13	Prueba Evaluar el nuevo caso con Evaluate	Evaluación del resultado nuevo caso desde "Evaluate". Continuar o Retrieve	Adapt Con
16	VP14	Prueba aprendizaje de la base de casos	Aprendizaje incorporando el nuevo caso BCC desde "Learn"	Evaluate Leai
17				

Tabla 7.3. Definición de variantes de pruebas en las series 2 y 3

3.3. Definición de los casos de prueba

Tal y como se ha citado anteriormente, en esta "serie 2" los casos de prueba son 14. Se han escogido 14 porque es el 10 % de número total de casos de la BCC. Se han escogido al azar aunque también guardando una relación entre la cantidad de casos de cada tipo de la BCC y la muestra, es decir, como aproximadamente el 50% de los casos de la BCC tiene como resultado en obra o tipo "muros_contencion_a_una_cara", el 50% de los casos muestra, tienen como resultado en obra o tipo "muros_contencion_a_una_cara" y así para los otros tipos. Se realiza la Tabla 7.5α que contiene los casos muestra para cada serie, en este apartado "serie 2".

	A	B	C	
1	Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología ciment
2	11110RAF023	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
3	11100REA011	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
4	08660ANG037	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
5	03012CRO010	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
6	08640PRO015	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
7	08250COL069	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado unidireccional	zapatas
8	08500STP020	estructura de hormigon y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
9	14005ANT031	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
10	07800JMC005	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
11	28039MAR006	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura de hormigon y forjado reticular	zapatas
12	08018ROC114	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	inexistente
13	38400BLA030	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
14	11002SAC026	estructura metalica y forjado unidireccional	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	base de ripios
15	08904COL095	estructura de hormigon y forjado reticular	estructura vertical de fabrica y forjado unidireccional	zapatas
16				

Tabla 7.5α. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Casos muestra

3.4. Estrategia de ejecución de pruebas

En este apartado se indica la estrategia a seguir en la ejecución de las pruebas; para ello se identifican los posibles ciclos de pruebas y los casos de pruebas que lo componen. Además, se indica el orden en el que se deben ejecutar los casos y variantes de pruebas definidos. Para ello se realiza una matriz donde hay un inventario de los casos de prueba y de los ciclos de prueba, de tal forma que puedan relacionarse los casos de prueba con los ciclos donde son ejecutados (Tabla 7.5β).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
1			Variante de pruebas															
2			Cargar BCC		Asignar pesos			Definir	Crear	Recuperar		Adaptar		Evaluar	Aprender		11'	
3			VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14	muros contenc	
4	* Ciclo de pruebas serie 2	CICLO1	x	x	x				x	x	x		x		x	x	muros contenci	
5		CICLO2	x	x	x				x	x	x			x	x	x	muros contenci	
6		CICLO3	x	x	x				x	x		x	x		x	x	muros contenci	
7		CICLO4	x	x	x				x	x		x		x	x	x	muros contenci	
8		CICLO5	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	muros contenci	
9		CICLO6	x	x		x	x		x	x	x			x	x	x	muros contenci	
10		CICLO7	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	muros contenci	
11		CICLO8	x	x		x	x		x	x		x		x	x	x	muros contenci	
12		CICLO9	x	x				x	x	x	x		x		x	x	muros pantal	
13		CICLO10	x	x				x	x	x	x			x	x	x	muros contenci	
14		CICLO11	x	x				x	x	x		x	x		x	x	muros pantal	
15		CICLO12	x	x				x	x	x		x		x	x	x	muros contenci	
16																		
17			* Se han escogido el mismo porcentaje de cada tipo de caso que la BCC, es decir 7 "muros_contencion_a_una_ca															
18																		

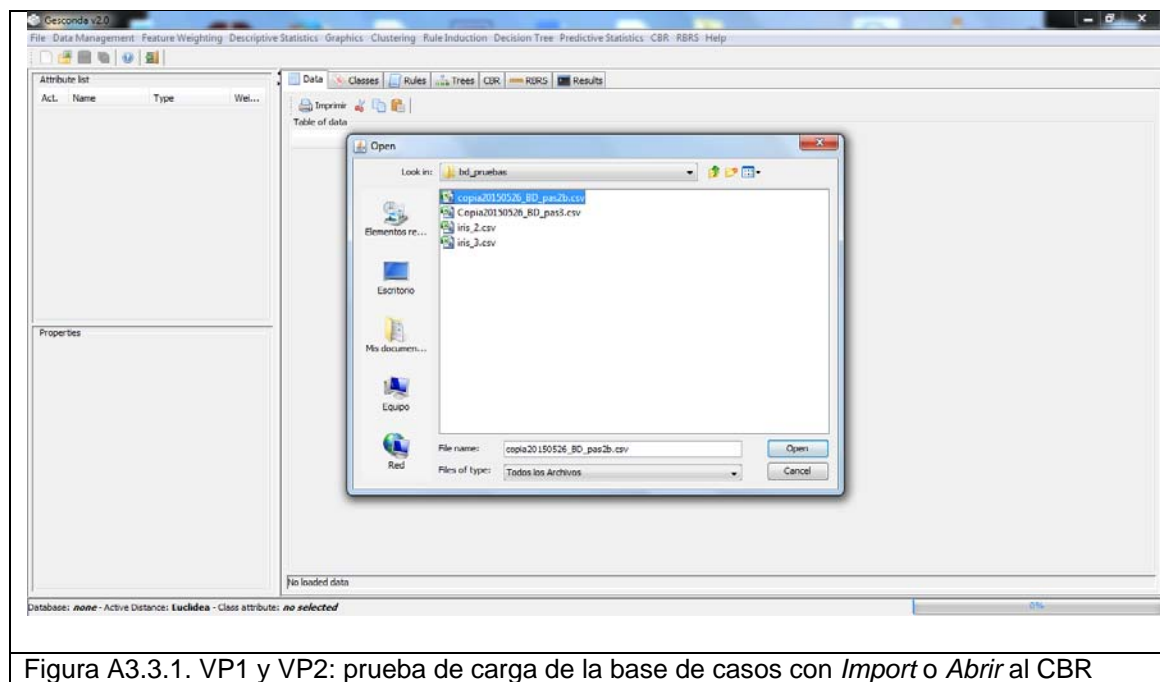
Tabla 7.5β. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Ciclos

Tabla 7.5β. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Ciclos

3.5. Ejecución de pruebas

A modo de ejemplo y debido al gran tamaño del documento borrador original de pruebas, sólo se presentan en este Anexo 3 las pruebas realizadas al primer caso de 14 con el primer ciclo de los 12 existentes para la serie 2.

3.5.1. Pruebas para el caso “11110RAF023, CICLO1, muros contención a una cara”

Figura A3.3.1. VP1 y VP2: prueba de carga de la base de casos con *Import* o *Abrir* al CBR

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

Geosonda v2.0

FileDataManagementFeature WeightingDescriptive StatisticsGraphicsClusteringRule InductionDecision TreePredictive StatisticsCBRRBRsHelp

Attribute list

Act.	Name	Type	Well...
<input checked="" type="checkbox"/>	Referencia	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología estruct...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología ciment...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología omenta...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Edad final constr...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Presencia de agua	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	N. plantas subter...	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Arpillas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Lomos	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Arenas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Gravas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Rocas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Demarcación	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología conten...	Discrete (unorde...	5

Properties

Table of data

Referencia	Tipología e...	Tipología c...	Tipología di...	Edad final...	Presencia...	N. plantas...	Arpillas	Lomos	Arenas	Gravas	Rocas	Demarc...	
1	040025AN000	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
2	04005ALT040	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	3.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
3	040094ER037	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	4.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
4	11206PT5004	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC
5	11002PER019	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	3.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
6	110055AN011	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	freático en...	4.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
7	11008GAR004	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
8	14920COS002	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	freático en...	5.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
9	149204ER000	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
10	14650MON001	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC
11	14001LLA001	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	5.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
12	14001RDT009	estructura...	estructura...	mas de 10...	de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
13	14002AUL024	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
14	14005ANT010	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
15	14014VDF056	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
16	14620COL019	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
17	14600BLA000	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
18	14001PAL006	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	SC
19	180075OL003	estructura...	estructura...	inexistente	de 50 a 10...	inexistente	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
20	23004DCM001	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
21	230044CO004	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	escape de...	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
22	23007EST000	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
23	29440PSO118	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	freático en...	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
24	41560AVA008	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC
25	41002CAL024	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
26	41002LUM037	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
27	41003PED015	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
28	41004CH005	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
29	41010VIR041	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
30	33201KEM003	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC

14 attributes, 122 instances

Database: none - Active Distance: Euclidean - Class attribute: no selected

0%

Figura A3.3.2. Resultado de VP1 y VP2: prueba de carga de base de casos con *Import* o *Abrir* al CBR

Geosonda v2.0

File Data Management Feature Weighting Descriptive Statistics Graphics Clustering Rule Induction Decision Tree Predictive Statistics CBR RBRs Help

Attribute list

Act.	Name	Type	Well...
<input checked="" type="checkbox"/>	Referencia	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología estruct...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología ciment...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología omenta...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Edad final constr...	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Presencia de agua	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	N. plantas subter...	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Arpillas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Lomos	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Arenas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Gravas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Rocas	Continuous	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Demarcación	Discrete (unorde...	5
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología conten...	Discrete (unorde...	5

Properties

Table of data

Referencia	Tipología e...	Tipología c...	Tipología di...	Edad final...	Presencia...	N. plantas...	Arpillas	Lomos	Arenas	Gravas	Rocas	Demarc...	
1	040025AN008	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
2	04005ALT040	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	3.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
3	040094ER037	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	4.0	1.0	1.0	1.0	0.0	NC	
4	11206PT5004	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC
5	11002PER019	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	3.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
6	110055AN011	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	freático en...	4.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
7	11008GAR004	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	SC
8	14920COS002	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	freático en...	5.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
9	149204ER000	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
10	14650MON001	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC
11	14001LLA001	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	5.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
12	14001RDT009	estructura...	estructura...	mas de 10...	de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
13	14002AUL024	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
14	14005ANT010	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	freático en...	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
15	14014VDF056	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
16	14620COL019	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
17	14600BLA000	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
18	14001PAL006	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	SC
19	180075OL003	estructura...	estructura...	inexistente	de 50 a 10...	inexistente	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	NC
20	23004DCM001	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
21	230044CO004	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	escape de...	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
22	23007EST000	estructura...	estructura...	zapatas	mas de 10...	inexistente	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	SC
23	29440PSO118	estructura...	estructura...	zapatas	de 0 a 50...	freático en...	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	NC
24	41560AVA008	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC
25	41002CAL024	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
26	41002LUM037	estructura...	estructura...	zapatas	de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
27	41003PED015	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
28	41004CH005	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
29	41010VIR041	estructura...	estructura...	base de r...	mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC
30	33201KEM003	estructura...	estructura...	inexistente	mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC

14 attributes, 122 instances

Database: none - Active Distance: Euclidean - Class attribute: no selected

Determination automática de pesos

Select an algorithm and set up the corresponding parameters:

Algorithms

- ☒ G0 (Gradient)
 - Alpha: 0.1
 - Mu: 0.1
 - Threshold: 1.0
 - Exponent: -5.0
- ☐ UEB-1 (Unsupervised Entropy Based 1)
- ☐ UEB-2 (Unsupervised Entropy Based 2)

Iterations: 5

Missing Management: ☒ Ignore ☐ Use Average

☐ Algorithm IG

☐ Algorithm CVD

☐ Algorithm PROJ

☐ Algorithm EBL

Training Percentage (Verify): 70.0

OK Verify Compare Cancel

Figura A3.3.3. VP3: prueba de asignación de pesos a atributos con *UEB-1*

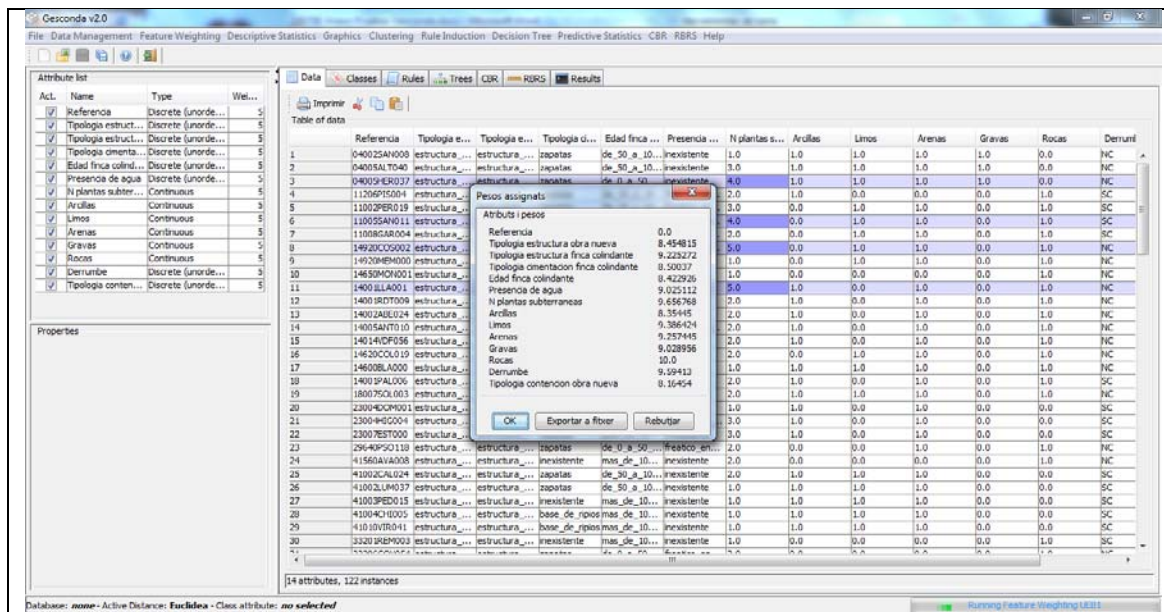


Figura A3.3.4. Resultado de VP3: prueba de asignación de pesos a atributos con UEB-1

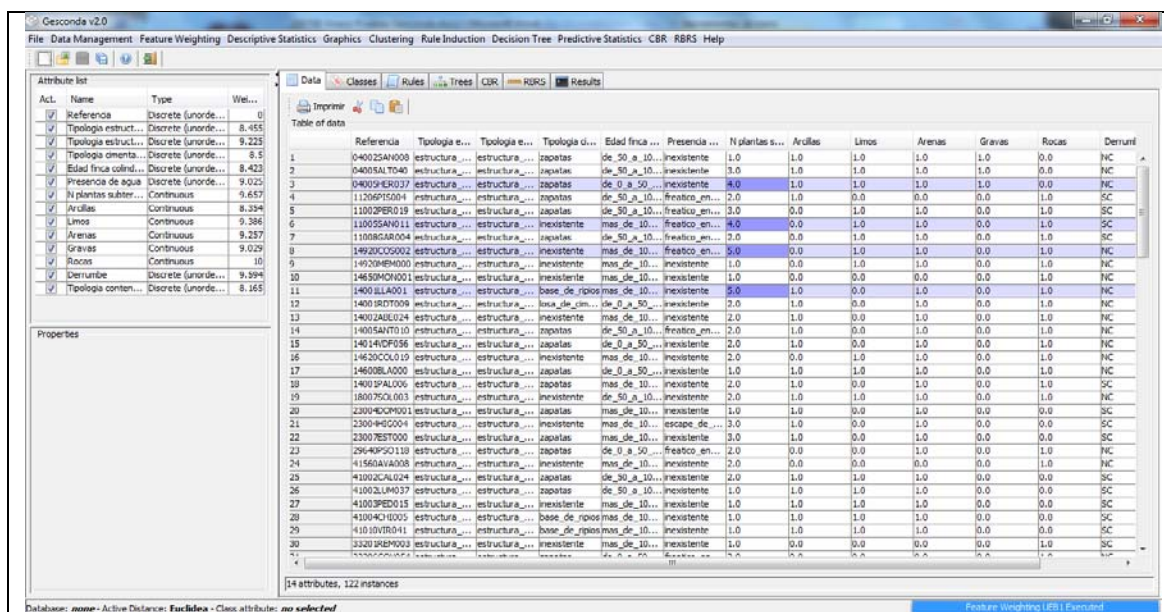


Figura A3.3.5. Resultado de VP3: prueba de asignación de pesos a atributos con UEB-1

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

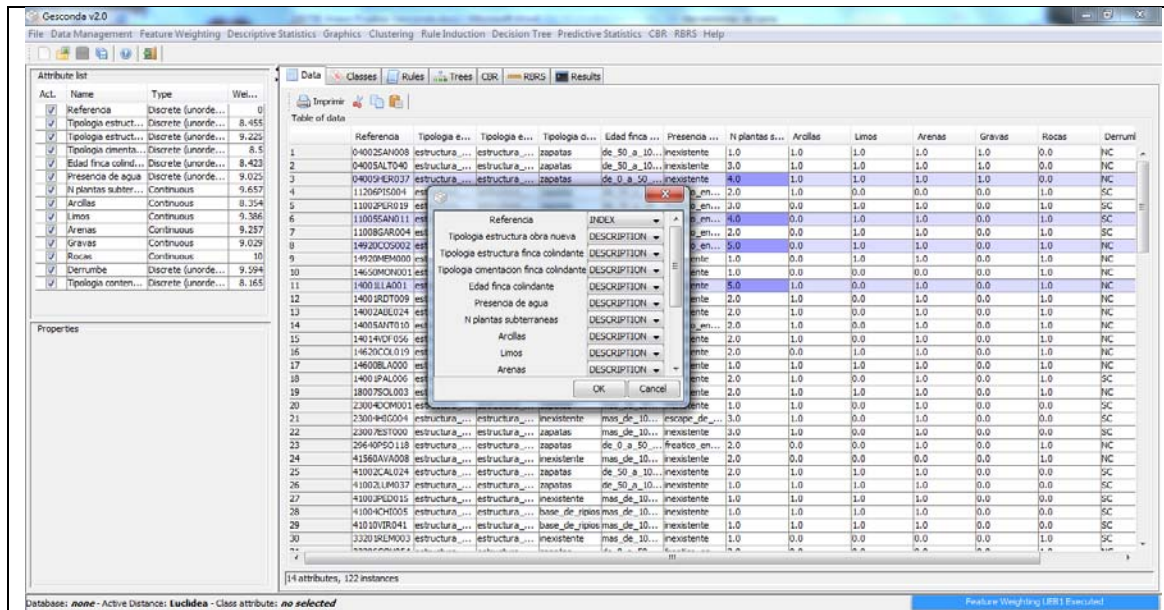


Figura A3.3.6. VP7: prueba de definición de la estructura CBR

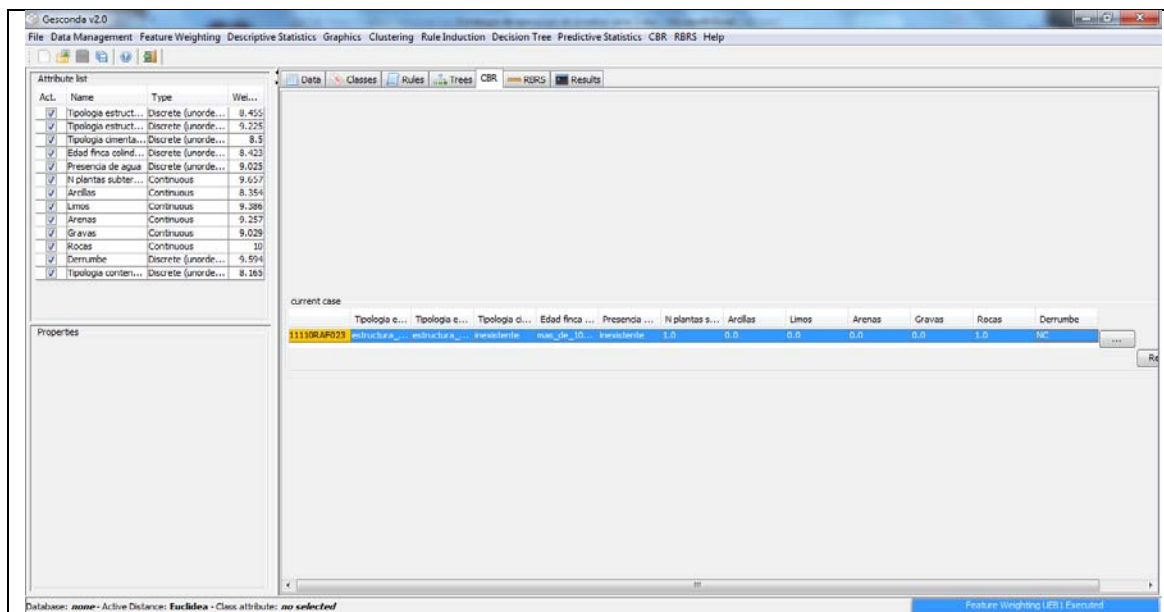


Figura A3.3.7. VP8: prueba CBR Cycle

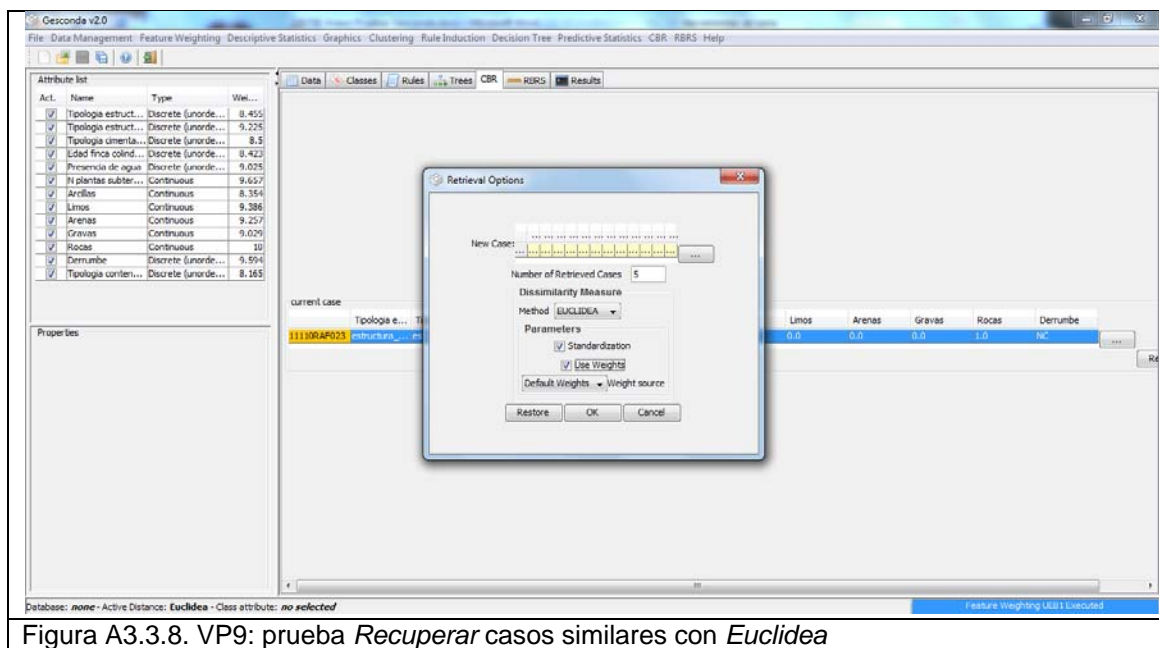


Figura A3.3.8. VP9: prueba *Recuperar* casos similares con *Euclidean*

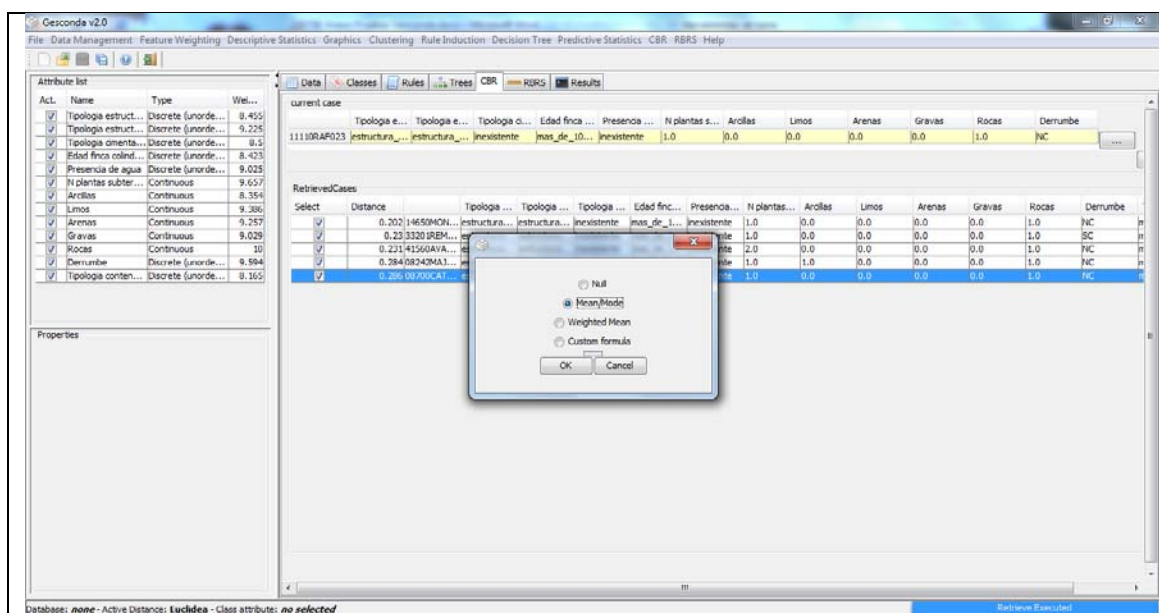


Figura A3.3.9. VP11: prueba *Adaptar* el nuevo caso con *Mean/Mode*

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

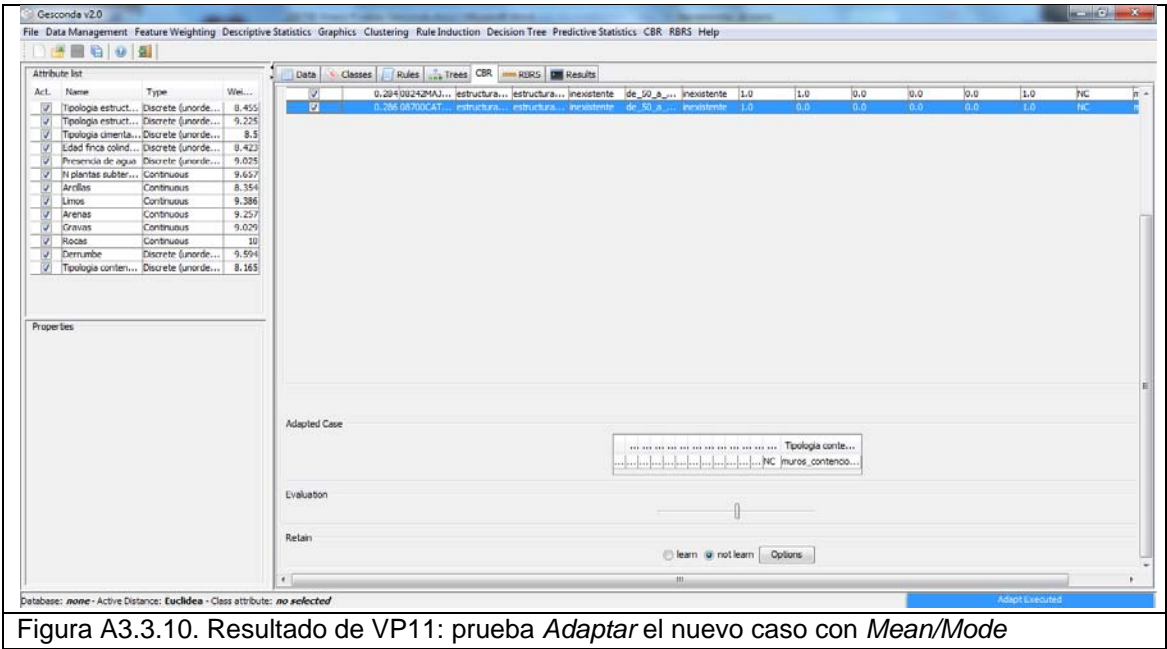


Figura A3.3.10. Resultado de VP11: prueba *Adaptar* el nuevo caso con *Mean/Mode*

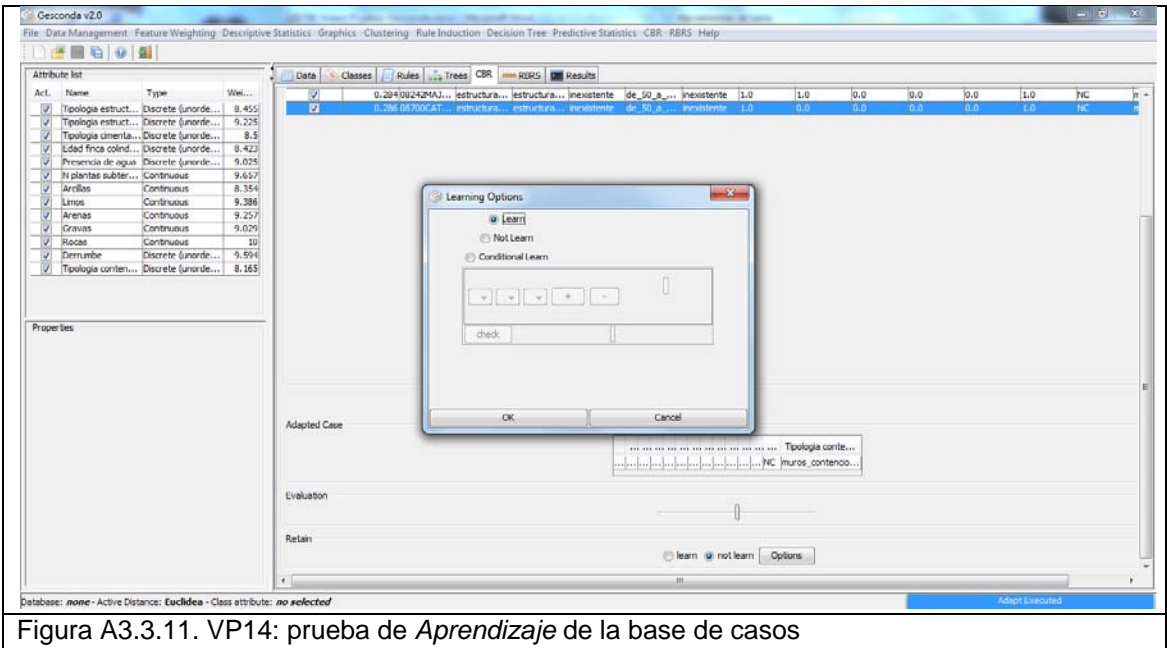


Figura A3.3.11. VP14: prueba de *Aprendizaje* de la base de casos

Gesconda v2.0

File Data Management Feature Weighting Descriptive Statistics Graphics Clustering Rule Induction Decision Tree Predictive Statistics CBR RBRs Help

Attribute list

Act.	Name	Type	Wei...
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología estruct...	Discrete (unorde...	8.455
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología estruct...	Discrete (unorde...	9.225
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología estruct...	Discrete (unorde...	8.5
<input checked="" type="checkbox"/>	Edad final colind...	Discrete (unorde...	9.423
<input checked="" type="checkbox"/>	Presencia de agua	Discrete (unorde...	9.025
<input checked="" type="checkbox"/>	N plantas subter...	Continuous	9.657
<input checked="" type="checkbox"/>	Arillos	Continuous	8.354
<input checked="" type="checkbox"/>	Limos	Continuous	9.386
<input checked="" type="checkbox"/>	Arenas	Continuous	9.257
<input checked="" type="checkbox"/>	Gravas	Continuous	9.029
<input checked="" type="checkbox"/>	Rocas	Continuous	10
<input checked="" type="checkbox"/>	Demurbe	Discrete (unorde...	9.594
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipología conteni...	Discrete (unorde...	8.165

Properties

Table of data

Tipología e...	Tipología e...	Tipología d...	Edad final...	Presencia...	N plantas s...	Arillos	Limos	Arenas	Gravas	Rocas	Demurbe	Tipología c...
ION001	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC	pentalla mic...
IA0004	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	escape de...	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC	muros cont...
IND128	estructura...	estructura...	zapatas de 50 a 10...	escape de...	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC	muros cont...
ZE0025	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	freisco en...	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC	pentalla mic...
IB0000	estructura...	estructura...	zapatas de 50 a 50...	freisco en...	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	NC	muros cont...
AA0000	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	inexistente	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC	pentalla mic...
RE015	estructura...	estructura...	base de ripios de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC	muros cont...
RM0020	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	inexistente	3.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	SC	muros cont...
IO0051	estructura...	estructura...	zapatas de 50 a 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	SC	muros cont...
RE0028	estructura...	estructura...	zapatas de 50 a 10...	inexistente	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	NC	muros cont...
IND010	estructura...	estructura...	base de ripios de 50 a 10...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	pentalla mic...
ZE0118	estructura...	estructura...	zapatas de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
SA0020	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
EP0020	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	inexistente	2.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	NC	muros cont...
IB0111	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
VL0118	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	freisco en...	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SC	muros pant...
OL003	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	escape de...	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	SC	muros cont...
RA0066	estructura...	estructura...	inexistente de 0 a 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SC	muros cont...
CR0007	estructura...	estructura...	base de ripios de 50 a 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	SC	muros cont...
IO0002	estructura...	estructura...	base de ripios mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
IC0001	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
PE0061	estructura...	estructura...	inexistente de 50 a 10...	inexistente	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
ZE0041	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	SC	muros cont...
NM149	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	freisco en...	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	NC	pentalla pilo...
PE159	estructura...	estructura...	zapatas de 0 a 50...	escape de...	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SC	muros pant...
IND011	estructura...	estructura...	base de ripios de 50 a 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	SC	inexistente
RE0118	estructura...	estructura...	base de ripios de 50 a 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	SC	muros cont...
OM010	estructura...	estructura...	inexistente de 50 a 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	SC	muros cont...
AL010	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	SC	muros cont...
AP0023	estructura...	estructura...	inexistente mas de 10...	inexistente	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NC	muros cont...

13 attributes, 123 instances

Database: none - Active Distance: Euclidean - Class attribute: no selected

Learn Executed

Figura A3.3.12. Resultado de VP14: prueba de Aprendizaje de la base de casos

Resultado: muros_contencion_a_una_carra.

4. Serie 3

La trazabilidad y la definición de las variantes de prueba es exactamente igual que en la serie 2, mientras que la definición de los casos de prueba son los propios de esta serie 3 (Tabla 7.6α).

	A	B	C	
1	Referencia	Tipología estructura obra nueva	Tipología estructura finca colindante	Tipología cimentación
2	04005ALT040	estructura de hormigón y forjado unidireccional	estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional	zapatas
3	11008GAR004	estructura de hormigón y forjado reticular	estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional	zapatas
4	23007EST000	estructura de hormigón y forjado reticular	estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional	zapatas
5	08014SAG001	estructura de hormigón y forjado reticular	estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional	zapatas
6	03004VIN010	estructura de hormigón y forjado reticular	estructura vertical de fábrica y forjado unidireccional	base de ripios
7	12520AVM149	estructura de hormigón y forjado reticular	estructura de hormigón y forjado reticular	zapatas
8				

Tabla 7.6α. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Casos muestra

La estrategia de ejecución de pruebas para esta serie 3, está basada en los tres tipos de casos muestra que en la serie anterior no han obtenido el mismo éxito que el tipo mayoritario “muros_contencion_a_una_cara”.

Se realizan 12 ciclos de pruebas para los tipos de casos que han dado peores resultados: muros_pantalla, pantalla_micropilotes y pantalla_pilotes, usando 2 casos de cada tipo (Tabla 7.6β).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Variante de pruebas																
2	Cargar BCC		Asignar pesos				Definir		Crear	Recuperar		Adaptar		Evaluar	Aprender		
3	VP1		VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	VP10	VP11	VP12	VP13	VP14	pa	
4	* Ciclo de pruebas serie 3	CICLO1	x	x	x				x	x	x		x		x	x	p:
5		CICLO2	x	x	x				x	x	x		x		x	x	p:
6		CICLO3	x	x	x				x	x		x		x		x	p:
7		CICLO4	x	x	x				x	x		x		x		x	p:
8		CICLO5	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	p:
9		CICLO6	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	p:
10		CICLO7	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	p:
11		CICLO8	x	x		x	x		x	x		x		x	x	x	p:
12		CICLO9	x	x				x	x	x	x		x		x	x	p:
13		CICLO10	x	x				x	x	x	x		x		x	x	p:
14		CICLO11	x	x				x	x	x		x	x		x	x	p:
15		CICLO12	x	x				x	x	x		x		x	x	x	p:
16																	
17			* *Se han escogido los casos con resultados minoritarios: muros_pantalla, pantalla_micropilotes, pantalla_pilotes														
18																	

Tabla 7.6β. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Ciclos

5. Resultados de las pruebas

5.1. Resultado de la pruebas serie 2

La Tabla 7.5χ muestra los resultados obtenidos en la realización de la pruebas de la serie 2

	Q	R	S	T	U	V
1						Resultados Reale
2	11110RAF023	11100REA011	08660ANG037	03012CRO010	08640PRO015	08250C
3	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencio
4	muros contencion a una cara	muros pantalla				
5	muros contencion a una cara	muros pantalla				
6	muros contencion a una cara	muros pantalla				
7	muros contencion a una cara	muros pantalla				
8	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencio
9	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencio
10	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencio
11	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencio
12	muros pantalla					
13	muros contencion a una cara	muros pantalla				
14	muros pantalla					
15	muros contencion a una cara	muros pantalla				
16						
17	ion a una cara", 4 "muros pantalla", 2 pantalla micropilotes y 1 pantalla pilotes					
18						

Tabla 7.5χ. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Ciclos

La Tabla 7.5δ muestra los porcentajes de coincidencia entre los resultados de obra y los obtenidos por el CBR para cada caso de muestra.

Tabla 7.5. Estrategia de ejecucion de pruebas de la serie 2. Hoja Porcentajes					
	11110RAF023	11100REA011	08660ANG037	03012CRO010	08640PRO015
muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros co
muros contencion a una cara	muros pantalla				
muros contencion a una cara	muros pantalla				
muros contencion a una cara	muros pantalla				
muros contencion a una cara	muros pantalla				
muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros co
muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros co
muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros co
muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	muros co
muros pantalla					
muros contencion a una cara	muros pantalla				
muros pantalla					
muros contencion a una cara	muros pantalla				
Porcentajes de coincidencia e					
83%	40%	100%	100%	100%	

Tabla 7.5δ. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Porcentajes

La Tabla 7.5ε muestra el análisis estadístico realizado mediante el método de la t de Student comparando, para los casos de muestra, los resultados obtenidos en obra vs. los obtenidos por el CBR siguiendo el ciclo 8, el de mayor éxito.

Nueva metodología basada en un sistema experto para la selección de cimentaciones-contenciones de edificios entre medianeras

Tabla 7.5. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Comparación casos muestra				
Prueba t de Student serie 2				
CICLO 8		Resultados obra		Resultados CBR
Caso muestra	Valor Cualitativo	Cuantitativo	Valor Cualitativo	Cuantitativo
11110RAF023	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
11100REA011	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
08660ANG037	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
03012CRO010	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
08640PRO015	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
08250COL069	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
08500STP020	muros contencion a una cara	1	muros contencion a una cara	1
14005ANT031	muros pantalla	2	muros contencion a una cara	1
07800JMC005	muros pantalla	2	pantalla micropilotes	3
28039MAR006	muros pantalla	2	muros contencion a una cara	1
08018ROC114	muros pantalla	2	muros pantalla	2
38400BLA030	pantalla micropilotes	3	pantalla micropilotes	3
11002SAC026	pantalla micropilotes	3	muros pantalla	2
08904COL095	pantalla pilotes	4	muros pantalla	2

Tabla 7.5ε. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 2. Hoja Comparación casos muestra.

5.2. Resultado de la pruebas serie 3

La Tabla 7.6 χ muestra los resultados obtenidos en la realización de la pruebas de la serie 3.

	Q	R	S	T	U	V
1	Resultados Reales casos muestra vs Resultados ejecucion ciclos CBR					
2	04005ALT040	11008GAR004	23007EST000	08014SAG001	03004VIN010	12520AVM149
3	pantalla micropilotes	muros pantalla	pantalla pilotes	muros pantalla	pantalla micropilotes	pantalla pilotes
4	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
5	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
6	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
7	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
8	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
9	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
10	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
11	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
12	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
13	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
14	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
15	pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
16						

Tabla 7.6γ. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Ciclos

La Tabla 7.68 muestra los porcentajes de coincidencia entre los resultados de obra y los obtenidos por el CBR para cada caso de muestra.

Resultados de ejecución de la obra de los casos muestra vs. Resultados de ejecución de los ciclos CBR					
04005ALT040	11008GAR004	23007EST000	08014SAG001	03004VIN010	12520AVM149
pantalla micropilotes	muros pantalla	pantalla pilotes	muros pantalla	pantalla micropilotes	pantalla pilotes
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros contencion a una cara	pantalla micropilotes	muros contencion a una cara	muros pantalla
pantalla micropilotes	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla	muros contencion a una cara	muros pantalla

Tabla 7.6δ. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 3. Hoja Porcentajes

La Tabla 7.6ε muestra el análisis estadístico realizado mediante el método de la t de Student comparando, para los casos de muestra, los resultados obtenidos en obra vs. los obtenidos por el CBR siguiendo los ciclos 10 y 12, los de mayor éxito.

Tabla 7.6. Estrategia de ejecución de pruebas serie 3. Hoja Comparación casos muestra									
Prueba t de Student serie 3									
		Equivalencia valor Cualitativo - Cuantitativo				Prueba t para medias de dos muestras emparejadas			
		inexistente	0						
		muros contencion a una cara	1						
		muros pantalla	2						
		pantalla micropilotes	3						
		pantalla pilotes	4						
Ciclos 10 y 12		Resultados Obra		Resultados CBR					
Caso muestra		Valor Cualitativo	Cuantitativo	Valor Cualitativo	Cuantitativo				
04005ALT040	pantalla micropilotes		3	pantalla micropilotes	3	Media	3	R. Obra	R. CBR
11008GAR004	muros pantalla		2	muros pantalla	2	Varianza	0.8	0.8	
23007EST000	pantalla pilotes		4	muros contencion a una cara	1	Observaciones	6	6	
08014SAG001	muros pantalla		2	pantalla micropilotes	3	Coefficiente de correlación de Pearson	-0.5		
03004VIN010	pantalla micropilotes		3	muros contencion a una cara	1	Diferencia hipotética de las medias	0		
12520AVM149	pantalla pilotes		4	muros pantalla	2	Grados de libertad	5		
						Estadístico t	1,58		
						P(T<=t) una cola	0.08		
						Valor crítico de t (una cola)	2,01		
						P(T<=t) dos colas	0.17		
						Valor crítico de t (dos colas)	2,57		
Valor crítico de t > Estadístico t (valor absoluto de la prueba) -> No existe diferencia significativa entre ambas muestras									

Tabla 7.6ε. Estrategia de ejecución de pruebas de la serie 3. Hoja Comparación casos muestra.

Las Tablas que aparecen en este Anexo 2 están incluidas a tamaño original en el Anexo 1.